



Rotröta i Sverige enligt Riksskogstaxeringen

**- En beskrivning och modellering av rötfförekomst
hos gran, tall och björk**

Lars Johansson

Root rot in Sweden according to the National Forest Inventory

-A description and modelling the occurrence of root rot in spruce, pine and birch

Arbetsrapport 74 2000

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--74 --SE



Rotröta i Sverige enligt Riksskogstaxeringen

- En beskrivning och modellering av rötfförekomst
hos gran, tall och björk

Lars Johansson

*Root rot in Sweden according to the National Forest Inventory
-A description and modelling the occurrence of root rot in spruce, pine and birch*

Arbetsrapport 74 2000

Examensarbete i ämnet skogsindelning och skogsuppskattning

Handledare: Hans Petersson, SLU

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik

S-901 83 UMEÅ

Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204

ISRN SLU-SRG-AR--74 --SE

Abstract

The annual cost for Swedish forestry caused by root rot in trees is about 500–1000 million SEK. These costs are for example caused by degraded timber- and pulpwood, growth losses, shorter rotation periods, and by increased number of windthrows. The aim of this study was to analyse the occurrence of root rot in Norway spruce (*Picea abies*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Birch (*Betula pendula* & *Betula pubescens*) by stand-, site-, and tree-variables. Generally root-rot increases by tree size and stand age, and about 8% of the spruces, 1% of the pines and 12% of the birches are infected. Root rot in spruce does not vary much by region. Birches are more damaged in the North than in the South. Root rot was modelled by stepwise logistic regression analysis on national and regional levels based on data from the Swedish National Forest Inventory (1993 –1998). Root rot was analysed on bore cores assessed 1,3 m above ground level. The functions predicted root rot fairly accurately both on national and regional levels.

Sammanfattning

Rotröta i träd medför stora årliga skador och därmed kostnader för det svenska skogsbruket. Siffror som brukar nämnas i sammanhanget är 500-1000 Mkr/år. Exempel på orsaker till dessa kostnader är nedklassning av virke, tillväxtförluster, ungskogsdöd, tidigare lagda avverkningar och ökade stormfällningar.

Syftet med denna studie var att analysera förekomsten av rotröta hos gran, tall och björk fördelat på ett antal ståndorts-, bestånds- och trädvariabler. Resultaten redovisades för hela landet och uppdelat på regioner. Med hjälp av logistisk regressionsanalys togs en modell fram för att skatta sannolikheten att ett träd är drabbat eller kommer att drabbas av rotröta fram.

Det material som använts är provträd av gran, tall och björk från Riksskogstaxeringens tillfälliga odelade provytor under åren 1993 – 1998. Materialet är för ändamålet det bästa tillgängliga. Data är objektivt inventerat och rikstäckande. Ståndorts-, bestånds- och trädvariabler registreras på cirkulära provytor. Förekomst av rotröta hos provträd registreras på borrhålsborr insamlade med en tillväxtborr 1,3 m över marken.

Funktioner för att skatta sannolikheten att ett träd är rötat togs fram med proceduren stegvis logistisk regression i statistikprogrammet SAS 6.12. Sambandet mellan rotröta och oberoende variabler redovisades i diagramform. Kartor beskrivande den geografiska variationen av rotröta i Sverige för respektive trädslag har framställts med hjälp av GIS-programmet ArcView.

Resultaten visade att granen är värst drabbad i region 4 vilket ungefär motsvarar norra götaland och upp till *Limes Norrlandicus* (9,7% av provträden) och minst drabbad i region 3 dvs Värmlands-, Dalarnas- och Gävleborgs län (6,3% av provträden). Tall var så gott som förskonad från rotröta. Inte i någon av Riksskogstaxeringens regioner översteg andelen rötskadade provträd 1%. Björken var värst drabbad av de tre trädslagen och rötförekomsten varierade mycket mellan regioner. Högst andel rötskadade björkar återfanns i

nordväsligaste Sverige dvs region 1 (18,4% av provträden) och den lägsta andelen svarade region 4 för (7,3% av provträden). Brösthöjdsdiameter, ålder, marklutning samt trädhöjd korrelerade med rotröta och förekom i flera av de framtagna funktionerna. Vid validering av funktionerna, som skedde med data från 1999 års Riksskogstaxering konstaterades att prediktionen av rötförekomst för gran och tall var tillfredsställande på regional nivå. Ingen av de framtagna funktionerna fungerade tillfredsställande på trädnivå.

Det bör beaktas att resultaten avser provträd, vilka är slumpvis utvalda proportionellt mot trädens storlek, och resultaten avser därför inte den sanna fördelningen av rötförekomst i Sveriges skogar. Resultaten avser däremot de grövre och därmed värdefullaste träden. Vid tillämpning av funktioner har detta urvalsförfarande ingen större betydelse. Det föreligger en risk att vissa träd som har röta i stubbhöjd ej har det i brösthöjd. Det är också svårt att identifiera rotröta i sina tidigaste stadium.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	6
2. MATERIAL OCH METODER.....	9
2.1 Material.....	9
2.2 Metoder.....	15
2.2.1 Skattning av röt förekomst.....	15
2.2.2 Logistisk regression.....	16
2.2.3 Validering av funktioner.....	20
3. RESULTAT	22
4. DISKUSSION.....	58
4.1 Slutsatser.....	61
REFERENSER.....	62
BILAGOR.....	64
Bilaga 1 Rotrötans geografiska variation för gran – regionnivå.....	65
Bilaga 2 Rotrötans geografiska variation för gran – länsnivå.....	66
Bilaga 3 Rotrötans geografiska variation för tall – regionnivå.....	67
Bilaga 4 Rotrötans geografiska variation för tall – länsnivå.....	68
Bilaga 5 Rotrötans geografiska variation för björk – regionnivå.....	69
Bilaga 6 Rotrötans geografiska variation för björk – länsnivå.....	70

1. Inledning

Rotröta i träd medför stora årliga skador och därmed kostnader för det svenska skogsbruket. Siffror som brukar nämnas i sammanhanget är 500-1000 Mkr/år (Stenlid, 1989a). Exempel på orsaker till kostnader är nedklassning av virke, tillväxtförluster (Bendz-Hellgren, 1997), ungskogsdöd, tidigarelagda avverkningar och ökade stormfällningar. Enbart tillväxtförlusterna hos gran beräknas kosta skogsbruket 200 Mkr/år (Stenlid m.fl., 1995). Högre krav från massaindustrin på vedrådvaran har i stora delar av landet diskvalificerat rötdad gran som massaved (Sjöberg, 1994). Detta gör det angeläget att arbeta fram en snabb objektiv metod som kan identifiera områden där rotröta med stor sannolikhet förekommer eller kan komma att förekomma. Om man på ett enkelt sätt identifiera sådana områden kan skötseln därefter anpassas av dessa för att i möjligaste mån minska de ekonomiska förluster som rotröta orsakar. Detta kan ske genom gallring vintertid, stubbehandling med urea- eller pergamentsvamplösning, tidigarelagd slutavverkning etc. (Stenlid, 1989b). Ett första steg mot en sådan metod är att titta på hur rotröta korrelerar med olika träd-, bestånds- och ståndortsvariabler. Ett lämpligt material för uppgiften är data från Riksskogstaxeringen. I Riksskogstaxeringen bedöms rötförekomst i borrhål från ett stickprov av träd från provytor. På provytor bedöms eller mäts en rad olika variabler. Provytorna inventeras årligen med en objektiv rikstäckande design (Ranneby m.fl., 1987).

Det finns ett 15-tal svamparter som orsakar röta på svenska skogsträd. Den i särklass allvarligaste skadegöraren av rötsvamparna är Rottickan (*Heterobasidion annosum*). Rottickan angriper friska träd och är därmed en primär skadegörare. Den har en primär samt en sekundär spridning. Den primära sker genom att luftburna sporer infekterar nyavverkade stubbar och körskador. Den sekundära spridningen sker genom att svampens mycel växer från ett infekterat träd eller stubbe till friska träd. För det senare krävs mycket nära kontakt mellan olika trädets rötter då rottickan inte kan växa längre distanser fritt i marken. Rottickan förekommer i Sverige i två olika former: S-formen (Spruce) som nästan enbart angriper gran, och P-formen (Pine) som förutom gran även angriper tall och björk m.fl. (Stenlid, 1989b, Stenlid m.fl., 1995, Bendz-Hellgren, 1995a).

Honungsskivlingen (*Armillaria sp*) är på äldre träd främst en sekundär skadegörare, dvs den angriper träd som av någon anledning redan är försvagade. I yngre bestånd såsom tall- och granplanteringar kan Honungsskivlingen även orsaka stor skada på friska träd och den angriper även lövträd. Honungsskivlingen sprider sig liksom Rottickan med hjälp av sporer, men den främsta spridningen sker genom att buntar av mycelsträngar, Rhizomorfer, växer genom jorden och infekterar friska rotsystem (Bendz-Hellgren, 1995b). Bland andra rötsvampar som angriper tall, gran och löv kan nämnas Blödskein (*Stereum sanguinolentum*) som angriper både tall och gran, dock något vanligare på gran. Fnösketticka (*Fomes fomentarius*) är mycket vanlig på björk och bok. Ringröta (*Phellinus pini*) angriper gran och äldre tallar.

Svampars spridning och tillväxt gynnas av relativt hög temperatur och fuktighet samt av god näringstillgång. Sporbildningen hos rotticka sker främst då temperaturen är över 0° C (Stenlid, 1989a). Tillväxten hos rötsvampar sker inom temperaturintervallet 0-40° C, med ett optimum i intervallet 25-32° C (Carling, 1984). En relativt hög fuktighet, särskilt under sommarhalvåret torde gynna svamp (Carling, 1984). Variabler som korrelerar med mikro- och makroklimat kan vara intressanta variabler för att förklara förekomst av röta. Även substratet har stor betydelse för svampars tillväxt. Det är t.ex. välkänt att svampar trivs sämre i tallars kärnved. Detta beror på den låga fukthalten samt p.g.a. för svampen giftiga sk extraktivämnena (Thörnquist, 1990). Det kan tänkas att olika svamparters förmåga att angripa olika träddarter varierar. Av stor betydelse är förekomsten av olika svamparter i området, samt hur lång tid ett eventuellt angrepp har pågått. Rotrötan hos gran ökar med ett bestånds ålder och är ”särskilt svårartad på marker av god bonitet där granen är växtlig och frodvuxen” (Rennerfelt, 1945). Ett trädets storlek korrelerar med dess ålder. Storleken hänger också ihop med trädets position i beståndet. Det har t. ex visat sig att rotröta hos gran ökar vid ökad brösthöjdsdiameter (Sjöberg, 1994).

Rotröta hos gran är vanligast förekommande i nordligaste Sverige samt i sydligaste Sverige dvs Skåne, Blekinge, Gotland samt längs hela västkusten. Ca 15-20 % av den avvertrade volymen är angripen i dessa områden. Rotröta hos björk är vanligast längst norrut,

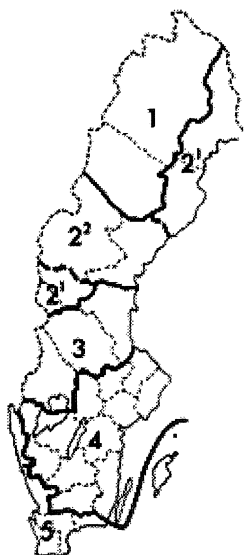
20 % av den avverkade volymen är angripen, för att sedan avta ju längre söderut i landet man kommer. Hos tall är rotröten inte alls lika vanlig som hos gran och björk. För landet som helhet är bara 1-5 % av den avverkade volymen angripen, med den högsta frekvensen i nordligaste Sverige (Bengtsson, 1975).

Syftet med detta arbete är att med hjälp av Riksskogstaxeringens insamlade material analysera förekomsten av rotröta på tall, gran och björk fördelade på ett antal ståndorts-, bestånds- och trädvariabler. Resultaten redovisas för hela landet och uppdelat på regioner. Med hjälp av logistisk regressionsanalys modelleras sannolikheten för att ett träd är drabbat av rotröta.

2. Material och metoder

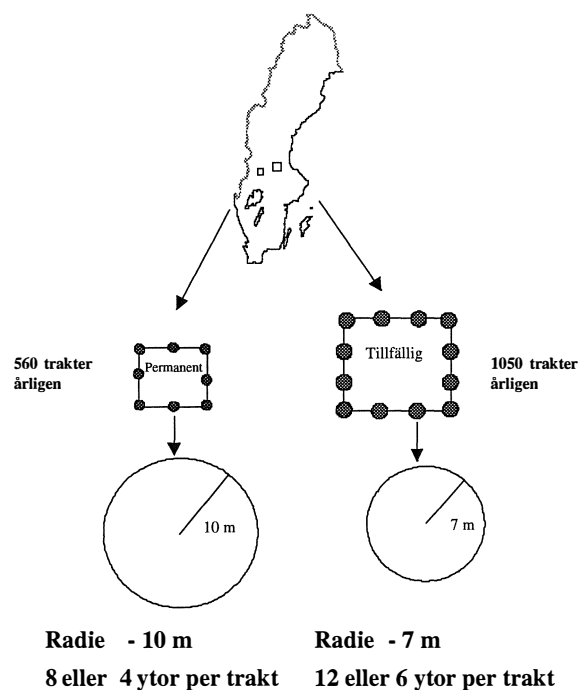
2.1 Material

Denna studie baseras på data från Riksskogstaxeringen för åren 1993-1998. Riksskogstaxeringen är en årligt återkommande objektiv stickprovsundersökning avsedd att beskriva tillstånd och förändring av Sveriges skogar. Inventeringen genomförs i form av en traktinventering, vilket innebär att ett antal cirkulära provytor läggs ut i terrängen i ett kvadratisk eller rektangulärt mönster, sk trakter. Det finns två olika typer av trakter, permanenta och tillfälliga. En tillfällig trakt inventeras bara en gång medan en permanent trakt återinventeras med vissa tidsintervall. De tillfälliga trakternas syfte är främst att ge möjlighet att skatta tillstånd medan de permanenta trakternas syfte är att studera förändringar över tiden. Avståndet mellan trakter varierar med längre avstånd i norra än i södra Sverige. Också traktsidornas längd varierar från 1800 meter i norra Sverige till 300 meter i södra. Inom fem geografiska regioner numrerade från norr till syd är både avstånd mellan trakter och avstånd mellan provytor inom trakter konstant. Storleken på trakterna är anpassade till att motsvara en arbetsdag (utom för tillfälliga trakter i region 4 och samtliga trakter i region 5, där varje trakt motsvarar en halv arbetsdag) (Figur 1 & 2). Provytorerna förekommer i tre olika former; förrådsytor, återväxtytor samt stubbytor.



Figur 1 Riksskogstaxeringens regioner 1 - 5 (Ranneby m fl, 1987)

På förrådsytor görs bl a en beskrivning av ståndorten, stamräkning vilket innebär diame-
termätning av träd 1,3 meter över marken (brösthöjd), samt ett slumpvis urval av prov-
träd. Urvalet av provträd sker genom ett PPS-urval (probability proportional to size) som
funktionerar av trädets diameter mätt i brösthöjd (ju större diameter ett träd har desto större
sannolikhet föreligger att trädet blir ett provträd). På provträden görs ett antal mätningar,
bl a av höjd och brösthöjdsålder. Brösthöjdsålder erhålls genom att räkna årsringar från
ett borrhspån borrarat med en sk tillväxtborr från trädets mantelyta till dess märke 1,3 meter
ovan marken. På provträd skattas även skador subjektivt och om trädet bedöms skadat
registreras typ av skada, skadans omfattning, tidpunkt för skada samt skadeorsak. Regist-
rering av rötskada sker vid rötförekomst i borrhkärnan och avser alla typer av röta som kan
konstateras.



Figur 2 Riksskogstaxeringens inventeringsdesign 1998 (Fridman, 2000)

Återväxtytor inventeras endast på kalmark eller där medelhöjden på beståndet ej översti-
ger 1,3 meter. Stubbytor inventeras om det på ytan skett någon form av avverkning under
föregående tillväxtsång. På stubbar registreras bland annat dess diameter och vid rötfö-
rekomst rötans form: icke centrumställd röta, centrumställd fast röta, centrumställd lös

röta och centrumställd hålröta. För de tre centrumställda röttyperna mäts också rötangreppets diameter. Varken återväxtytor eller stubbytor har använts i denna studie. Återväxtytor är inte relevanta och alltför få stubbytor har hittills inventerats för att utgöra underlag för denna studie.

Denna studie berör provträd av gran, tall och björk på odelade tillfälliga förrådsytor på skogsmark. Skogsmark avser trädbevuxen mark med en förväntad tillväxt överstigande 1 m³sk/ha/år. En mer detaljerad beskrivning av Riksskogstaxeringens design och de bakomliggande teorierna finns i Ranneby m fl (1987). Det praktiska inventeringsarbetet beskrivs i Anon. (1999).

En rad variabler som insamlas av Riksskogstaxeringen och dessutom kan tänkas korrelera med förekomst av rotröta namnges och förklaras i tabell 1. Variabler som valts anses utifrån tidigare studier kunna ha ett logiskt samband med rotröta. Ståndortsegenskaper inventeras alltid på en cirkelyta med 10 meters radie med undantag för marklutning och lutningsriktning som bestäms på en yta med 20 meters radie. Provträdsvariabler inventeras på provträd inom en cirkelyta med radien 7 meter. Dessa är diameter, höjd, trädslag, trädklass och skadetyp. Variabler härledda från klavning har inventerats på en provyta med 7 meters radie. Beståndsvariabler såsom beståndsålder, likåldrighetsklass, medelhöjd och massaslutenhet bedöms på en yta med 20 meters radie.

Tabell 1 Variabler som inventeras av Riksskogstaxeringen och kan tänkas ha ett logiskt samband med förekomst av rotröta.

Variabel	Förklaring		
Bredgra	Breddgrad, [1/10°]		
Bestald	Grundytevägd totalålder, [år]. Bestäms genom borrhning av minst två träd per provyta.		
Bjorkand	Andel björk. Anges som tiondelar av den totala grundytan.		
Diameter	Stamdiameter i brösthöjd (1,3 m), [mm].		
Dike	Dikning.	0 = Odikat, 1 = Dikat i nuvarande bestånd – diket fungerar. 2 = Dikat i förutvarande bestånd – diket fungerar. 3 = Dikat i nuvarande bestånd – diket fungerar ej. 4 = Dikat i förutvarande bestånd – diket fungerar ej.	
Faltskik	Fältskiktstyp	01 = Höga örter utan ris 02 = Höga örter med ris/blåbär 03 = Höga örter med ris/lingon 04 = Låga örter utan ris 05 = Låga örter med ris/blåbär 06 = Låga örter med ris/lingon 07 = Utan fältskikt 08 = Breda gräs	09 = Smala gräs 10 = Hög starr 11 = Låg starr 12 = Fräken 13 = Blåbär 14 = Lingon 15 = Kråkbär/ljung 16 = Fattigris
Fuktigh	Markfuktighetsklass.	1 = Torr mark 2 = Frisk mark 3 = Frisk – fuktig mark	4 = Fuktig mark 5 = Blöt mark
Granand	Andel gran.	Anges som tiondelar av den totala grundytan.	
Grytfalt	Fältbedömd grundyta , [m ² /ha].		
Hojd	Provrädets höjd, [dm]		
Hojdoh	Höjd över havet, [m].	Anges i närmaste 10-metersklass.	
Humid	Humiditet, [mm]	Nederbörd minus potentiell avdunstning under vegetationsperioden.	
Jordart	Jordart	1 = Sediment med hög sorteringsgrad 2 = Sediment med låg sorteringsgrad 3 = Morän	
Jorddjup	Jorddjup	1 = Mäktigt jorddjup, mer än 70 cm 2 = Tämmligen grunt jorddjup, 20-70 cm 3 = Grunt jorddjup, mindre än 20 cm 4 = Mycket varierande jorddjup	
Kustavst	Avstånd till Sveriges kust, [km].		
Likald	Likåldrighet	0 = Ej likåldrigt	1 = Likåldrigt
Longitud	Longitud, [1/10°]		

..forts. Tabell 1

Variabel	Förklaring		
Lutning	Markens lutningsgrad på 20 m	1 = 0 – 1 m 2 = 1,1 – 2 m 4 = 2,1 – 4 m	7 = 4,1 – 7 m 10 = 7,1 – 10 m 11 = 10,1 – m
Medhojd	Medelhöjd, [dm].		
Natgeo	Naturgeografiskt område.	1 = Arktiskt-alpin 2 = Alpin 3 = Nordligt boreal 4 = Nordligt-sydligt boreal 5 = Mellanboreal 6 = Sydligt boreal 7 = Boreonemoral 8 = Nemoral	
Region	Riksskogstaxeringens regioner	1 = Norr- och Västerbottens lappmark 21 = Norr- och Västerbottens kustland, Härjedalens kommun samt Särna och Idre församlingar i Dalarnas län 22 = Jämtlands län exkl. Härjedalens kommun samt Västernorrlands län 3 = Gävleborgs, Dalarnas (exkl. Särna-Idre) och Värmlands län 4 = Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västmanlands, Örebro, Skaraborgs, Älvsborgs, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar och Östergötlands län 5 = Gotlands, Blekinge, Skåne, Hallands samt Göteborgs- och Bohuslän	
Riktning	Lutningsriktning, anges för lutningar > 1 (se lutning)	01 = Norr 12 = Nordost 02 = Ost 32 = Sydost	03 = Syd 34 = Sydväst 04 = Väst 14 = Nordväst
Rorlmva	Rörligt markvatten	1 = Sällan – saknas 2 = Kortare perioder 3 = Längre perioder	
Sigran	Ståndortsindex gran, [m]. Beräknas om gran är bonitetsvisande trädslag		
Sitall	Ståndortsindex tall, [m]. Beräknas om tall är bonitetsvisande trädslag		

..forts. Tabell 1

Variabel	Förklaring		
Skadtyp	Typ av skada på provträd.	0 = Oskadat 11 – 14 = Kambieskada 21 - 22 = Stambrott 23 = Torrtopp 24 = Varaktigt nedböjt 27 = Dubbelstam 31 = Rötskada 41 – 43 = Rotskada 51 = Förlust barr/lövmassa 91 = Annan skada	
Sluthet	Massaslutenhet, 0 – 11.	Bedömning av i hur hög grad markens produktionsförmåga utnyttjas	
Talland	Andel tall. Anges som tiondelar av den totala grundytan		
Textur	Jordartens textur	Morän 1 = Stenig morän 2 = Grusig morän 3 = Sandig morän 4 = Sandig – moig morän 5 = Sandig – moig morän 6 = Moig morän 7 = Mjällig morän 8 = Lerig morän	Sediment Sten Grus Grovsand Mellansand Grovmo Finmo Mjåla Lera
Tradkl	Trädklass	1 = Fristående 2 = Härskande 3 = Medhärskande 4 = Behärskad	5 = Undertryckt 6 = Underväxt 7 = Överståndare
Torv	Torvmark eller fastmark	0 = Fastmark, torvmark finns ej på ytan 1 = Fastmark, torvmark täcker mindre än halva ytan 2 = Fastmark, torvmark täcker mer än halva ytan 3 = Torvmark, torvmark täcker hela ytan	
Tradslag	Trädslag för provträd	11 = Tall 21 = Gran 31 = Vårtbjörk 32 = Glasbjörk	
Tsumma	Temperatursumma, [°C]	Den sammanlagda dygnsmedeltemperaturen över +5°C under vegetationsperioden.	

2.2 Metoder

Med hjälp av SAS-applikationen *Skogred* gjordes ett utplock av data ur Riksskogstaxeringens databas ”*Taxbas*”. Utplocket bestod av samtliga mellan åren 1993 – 1998 av Riksskogstaxeringen inventerade provträd samt till dessa träd hörande i tabell 1 givna träd-, bestånds- och ståndortsvariabler. Ur utplocket sorterades sedan de provträd av gran, tall och björk fram som härrörde från odelade tillfälliga förrådsytor på skogsmark. Träd-, bestånds- och ståndortsvariabler delades sedan upp på region och länsnivå för de tre trädslagen (tabell 2).

Tabell 2 Antal träd i utplocket fördelade på trädslag och regiontillhörighet

Trädslag:	Gran					Tall					Björk				
Region:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Antal träd:	819	3207	2392	3935	2091	961	3376	2827	3083	986	309	1014	467	701	399

2.2.1 Skattning av rötförekomst

De insamlade variablerna användes till att skatta rötförekomst för hela landet, för regioner samt för enskilda län. För varje enskilt provträd gavs den studerade variabeln *röta* värdet 1 om provträdet var rötat, annars värdet 0. För varje trädslag per region- och län skattades den procentuella andelen röta hos provträd med det för de samplade provträden aritmetiska medelvärde:

$$\hat{y} = 100 * \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

där \hat{y} = skattad procentuell andel röta, $y_i = 1$ om provträd nr i är rötat, annars 0, n = antal provträd inom det studerade geografiska området och i avser löpande numrering.

Kartor som åskådliggör rotrötans geografiska spridning har framställts med hjälp av GIS-programmet *Arc View*. För att framställa dessa kartor utnyttjades resultaten av observerade värden av andelen rotröta hos gran, tall och björk på region- och länsnivå. Två stycken shape-filer innehållande polygonskikt föreställande Sveriges kommuner samt Riksskogstaxeringens regioner erhöles från institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, avdelningen för skoglig fjärranalys. Shape-filen innehållande kommungränser modifierades genom att sammanfoga kommungränserna i varje enskilt län så att en polygonskikt bestående av Sveriges länsgränser erhöles. I shape-filens attributtabell angavs sedan den skattade andelen röta för respektive polygon (geografiskt område). På detta sätt skapades temakartor föreställande den geografiska förekomsten av rotröta (Anon, 1996).

2.2.2 Logistisk regression

Flera ej kontinuerliga variabler transformerades till sk indikatorvariabler. Detta innebär att variabeln tilldelas värdet 0 eller 1. Exempelvis är variabeln örter=1 om variabeln faltskik=1, 2, 3, 4, 5, 6 eller 7, annars 0. I tabell 3 visas vilka variabler som transformerats.

Tabell 3 Ej kontinuerliga variabler som transformerats till indikatorvariabler

Variabel	Gammal variabel	Variabel	Gammal variabel
Dike0	Dike = 0	Natgeo1	Natgeo = 1
Dike1	Dike = 1	Natgeo2	Natgeo = 2
Dike2	Dike = 2	Natgeo3	Natgeo = 3
Dike3	Dike = 3	Natgeo4	Natgeo = 4
Dike4	Dike = 4	Natgeo5	Natgeo = 5
Örter	Faltskik = 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07	Natgeo6	Natgeo = 6
Gräs	Faltskik = 08, 09	Natgeo7	Natgeo = 7
Starrfräken	Faltskik = 10, 11, 12	Natgeo8	Natgeo = 8

.forts. Tabell 3

Variabel	Gammal variabel	Variabel	Gammal variabel
Ris	Faltskik = 13, 14	Riktning1	Riktning = 01
Sämre	Faltskik = 15, 16	Riktning12	Riktning = 12
Fukt1	Fuktigh = 1	Riktning2	Riktning = 2
Fukt2	Fuktigh = 2	Riktning32	Riktning = 32
Fukt3	Fuktigh = 3	Riktning3	Riktning = 3
Fukt4	Fuktigh = 4	Riktning34	Riktning = 34
Fukt5	Fuktigh = 5	Riktning4	Riktning = 4
Jordart1	Jordart = 1	Riktning14	Riktning = 14
Jordart2	Jordart = 2	Rörlmva1	Rorlmva = 1
Jordart3	Jordart = 3	Rörlmva2	Rorlmva = 2
Jorddjup1	Jorddjup = 1	Rörlmva3	Rorlmva = 3
Jorddjup2	Jorddjup = 2	Röta	Skadtyp = 31
Jorddjup3	Jorddjup = 3	Textur1	Textur = 1
Jorddjup4	Jorddjup = 4	Textur2	Textur = 2
Klimat0	Klimat = 0	Textur3	Textur = 3
Klimat1	Klimat = 1	Textur4	Textur = 4
Klimat2	Klimat = 2	Textur5	Textur = 5
Klimat3	Klimat = 3	Textur6	Textur = 6
Klimat4	Klimat = 4	Textur7	Textur = 7
Klimat5	Klimat = 5	Textur8	Textur = 8
Klimat6	Klimat = 6	Trädklass1	Tradkl = 1
Lutning1	Lutning = 1	Trädklass2	Tradkl = 2
Lutning2	Lutning = 2	Trädklass3	Tradkl = 3
Lutning4	Lutning = 4	Trädklass4	Tradkl = 4
Lutning7	Lutning = 7	Trädklass5	Tradkl = 5
Lutning10	Lutning = 10	Trädklass6	Tradkl = 6
Lutning11	Lutning = 11	Trädklass7	Tradkl = 7
Region1	Region = 1	Torv	Torv = 3
Region2	Region = 21, 22	Ejtorv	Torv = 0, 1, 2
Region3	Region = 3	Gran	Tradslag = 21

..forts. Tabell 3

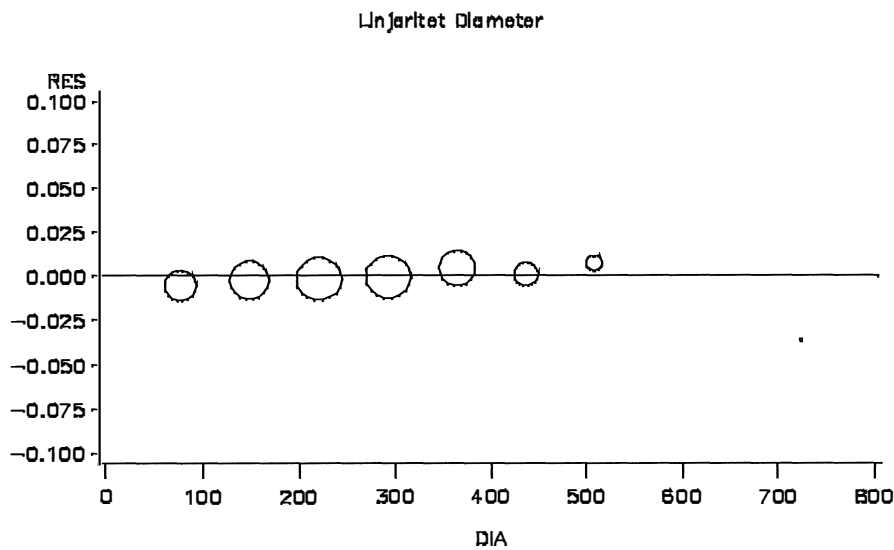
Variabel	Gammal variabel	Variabel	Gammal variabel
Region4	Region = 4	Tall	Tradslag = 11
Region5	Region = 5	Björk	Tradslag = 31, 32

Logistisk regression har tillämpats för att skatta sannolikheten att ett träd är drabbat av rotröta. Metoden är bland annat lämplig för att skatta binomialfördelade beroende variabler och har tidigare använts för detta ändamål i skogliga sammanhang (Fridman, 2000). I denna studie är den binomialfördelade variabeln "Röta" beroende variabel. Om ett träd är rötat får den beroende variabeln värdet 1, annars 0. Sannolikheten för att ett träd är rötat skattas med följande logistiska modell (Hosmer & Lemeshow, 1989):

$$P(Röta) = \frac{e^{f(x)}}{1 + e^{f(x)}} \quad , \text{ där } f(x) = \alpha + \beta_i x_j$$

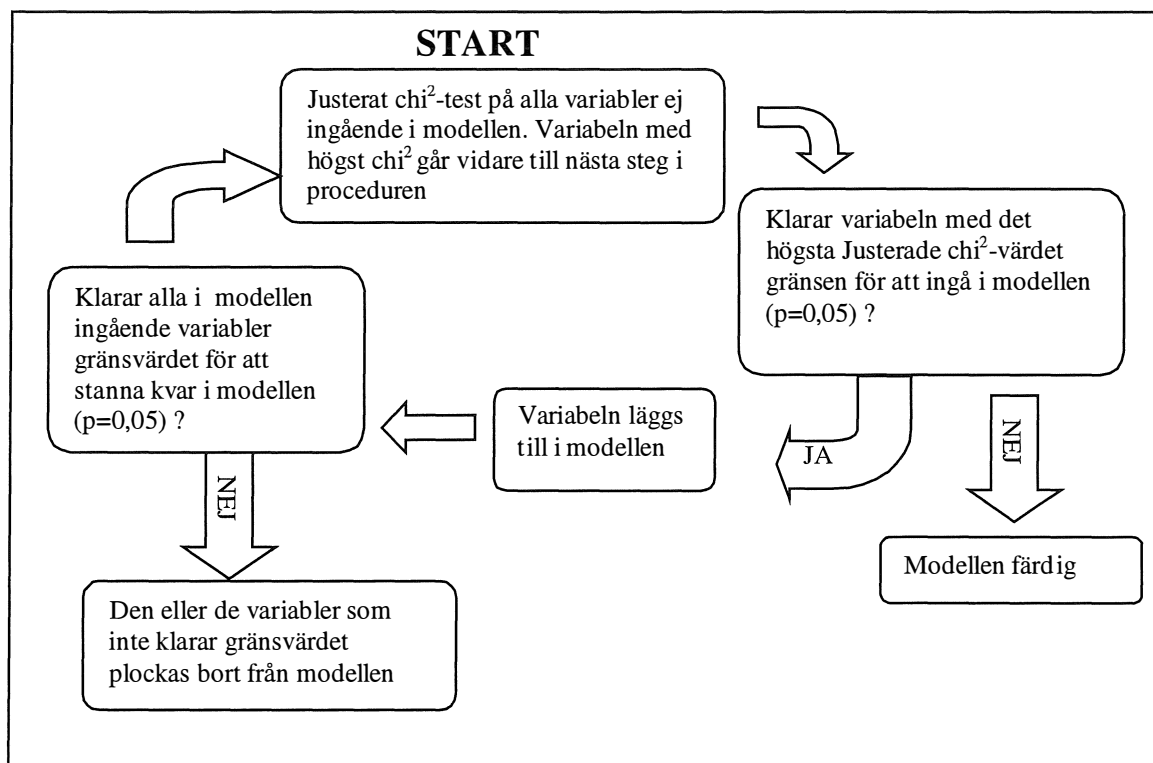
, där P(Röta) är sannolikheten för att ett träd är rötat, f(x) är en funktion som benämns logit(p), α är en skattad parameter av konstant typ, β_i är skattad parameter nummer i och x_j är oberoende variabel nummer j .

Modellen anpassades (med proceduren stegvis logistisk regression) med hjälp av statistikprogrammet SAS 6.12 (Anon. 1990). För modellen signifikanta oberoende variabler ($p < 0.05$) kontrollerades linjearteten genom att i ett diagram plotta variabeln uppdelad i upp till tio klasser mot residualer (figur 3). Syftet var att finna ett så linjärt samband som möjligt för varje enskild klassindeldad oberoende variabel och den beroende variabeln *Röta*. Av detta följer att vissa oberoende variabler förekommer i transformerad form och att vissa på förhand tänkbara utgått.



Figur 3 Variabeln diameter (mm) plottad mot residualerna för skattningen

När samtliga signifikanta variablers "bästa" linjära form fastställts utnyttjades proceduren stegvis urval för att fastställa den slutliga modellen. Detta gick till så att samtliga (i sin linjära form) signifikanta variabler genomgick proceduren. Proceduren innebär att ett justerat χ^2 -värde beräknas för alla dessa variabler. Den variabel som har det största χ^2 -värdet läggs till modellen om detta är högre än ett på förhand bestämt gränsvärde. Är det inte det avslutas proceduren och är det det görs proceduren om. Nästa steg är att alla variabler som för tillfället ingår i modellen testas mot gränsvärdet för att få stanna kvar i modellen och om någon variabel inte klarar testet plockas den bort. Denna procedur upprepas ända tills det inte finns någon ytterligare variabel som uppfyller kraven för att läggas till i modellen, (figur 4). I denna studie har gränsvärdet $p=0.05$ valts både för att en variabel skall läggas till som att plockas bort från modellen.



Figur 4 Arbetsgång vid modellbyggande enligt metoden stegvist urval

2.2.3 Validering av funktioner

Validering av de genom logistisk regression erhållna funktionerna för att skatta sannolikheten att ett träd är rötat har skett genom att applicera funktionerna på data insamlat under 1999 års Riksskogstaxering.

Ett utplock gjordes ur 1999 års material med samma tillvägagångssätt som användes för att göra utpocket som funktionerna är baserade på. För valideringsmaterialet beräknades en rötandel på riks- och regionnivå för respektive trädslag.

Efter applicering av funktionerna erhöles för varje träd en skattad sannolikhet för att trädet var rötat: $P(Röta)$. Ett medelvärde av den för alla träd skattade sannolikheten beräk-

nades för varje geografiskt område:
$$\frac{\sum P(röta)}{n}$$

Varje beräknad sannolikhet testades också mot ett likformigt fördelat slumpstal, om $P(röta)$ befanns vara högre än tillhörande slumpstal bestämdes att modellen skattat trädet som rötat. En rötandel för varje region samt trädslag skattades, \hat{y} , genom att summera antalet träd som vid test mot ett slumpstal skattats som rötade och sedan dividera denna summa med antalet träd. Detta förfarande ger ett grovt mått på hur väl modellerna fungerar för att skatta röt förekomst i medeltal.

För att utvärdera hur väl modellerna "hittar röta" hos enskilda träd har antalet träd som vid test mot ett slumpstal skattats som rötade, och i verkligheten var rötade, dividerats med totalt antal rötade träd. På detta sätt har en "träffprocent" räknats fram för varje modell. Med samma tillvägagångssätt har även undersökts hur väl modellerna förutsäger att ett träd inte är rötat.

3. Resultat

Denna studie visar att av de trädslag som studerats är björk mest drabbad av rotröta (11,9%, Tabell 6), därefter gran (8,0%, Tabell 4) och minst drabbad är tall med en marginell rötfrekvens (0,6%, Tabell 5).

Rotröta hos björk uppvisar en stor regional variation. Ju längre norrut i Sverige desto högre andel av träden är rötade. I region 1, där björk är mest drabbad, är 18,4 % av träden rötade medan björkarna i region 4 klarar sig bäst och har en rötfrekvens på 7,3 %.

Förekomst av rotröta på gran är störst i region 4 där nästan 10 % av träden är rötade. Minst drabbade är gran i region 3 med en rötandel på 6,3 %. Den regionala variationen av rotröta hos gran är inte särskilt stor. En viss ökning sker dock från norr till söder.

Tall är inte lika drabbad av rotröta som gran och björk. Region 2 är den region som har störst andel rotröta där 0,9 % av tallarna är rötade.

Funktioner för att skatta sannolikheten att ett träd är rötat har tagits fram med hjälp av logistisk regression för trädslagen björk, gran och tall. Funktionerna är fördelade på Riksskogstaxeringens fem olika regioner samt på riksnivå. De av de testade variablerna (Tabell 1) som befunnits signifikanta och därmed ingår i respektive funktion har beskrivits med grafer, Figur 5 - Figur 100.

I funktionerna för gran på riksnivå (

Tabell 7), region 1 (Tabell 8), region 2 (Tabell 9), region 3 (Tabell 10) samt region 4 (Tabell 11) uppvisar den oberoende variabeln brösthöjdsdiameter den högsta signifikansen. I samtliga fall ökar andelen rötskadade träd med ökande diameter (Figur 13, Figur 21, Figur 31, Figur 35, samt Figur 38). För gran i region 5 (Tabell 12) uppvisar variabeln beståndsålder högst signifikans. Andelen rötskadade träd ökar med ökande beståndsålder (Figur 46).

I funktionen för tall på riksnivå (Tabell 13) har variabeln brösthöjdsdiameter (Figur 52) högst signifikans, andelen röta i träden ökar med ökande brösthöjdsdiameter. I funktionen för tall i region 1 (Tabell 14) är den mest signifikanta variabeln diameter² (Figur 60). Andelen rötade träd ökar med ökande brösthöjdsdiameter. I funktionen för tall i region 2 (Tabell 15) uppvisar indikatorvariabeln lutningsklass 7 (Figur 65) den högsta signifikansen. Andelen röta tycks öka med ökande marklutning. I funktionen för region 3 (Tabell 16) är indikatorvariabeln textur 1 (Figur 67) den mest signifikanta. I funktionen för tall i region 4 (Tabell 17) är variabeln höjd över havet (Figur 70) den mest signifikanta, andelen röta tycks minska med ökad höjd över havet. För tall i region 4 förekommer ingen röta på altituder högre än 150 m ö h (i denna studie). För tall i region 5 kunde ingen funktion framtas då endast ett träd var rötat.

I funktionerna för björk på riksnivå (Tabell 18), region 2 (Tabell 20) samt region 3 (Tabell 21) uppvisar variabeln beståndsålder (Figur 74, Figur 82 samt Figur 87) den högsta signifikansen, i samtliga fall ökar andelen röta med ökande beståndsålder. För funktionerna för björk i region 1 (Tabell 19) och region 4 (Tabell 22) är variabeln brösthöjdsdiameter (Figur 80, Figur 93) den mest signifikanta, i bägge fallen ökar andelen röta med ökande diameter. I funktionen för björk i region 5 (Tabell 23) är variabeln beståndsmedelhöjd (Figur 95) den mest signifikanta, andelen röta tycks öka med ökad medelhöjd.

En validering av samtliga modeller har gjorts med hjälp av 1999 års data från Rikskogstaxeringen. När modellerna applicerades på valideringsdata uppvisade modellerna för björk (Tabell 24) vissa skillnader då de både över- och underskattade förekomsten av röta. Modellerna för gran (Tabell 25) och tall (

Tabell 26) uppvisade inga ”systematiska” fel. Modellerna befanns skatta röt förekomst på regionnivå på ett tillfredsställande sätt, medan samtliga modeller uppvisade dålig träffsäkerhet på trädnivå. Bäst på att hitta enskilda rötade träd var modellen för björk i region 1 som skattade 33% av de träd som faktiskt var rötade som rötade. Sämst på att hitta enskilda träd var modellerna för tall på riksnivå, region 1, region 3 samt region 4 som alla hade en träffsäkerhet på 0 % när det gäller att hitta enskilda rötade träd.

Följande oberoende variabler har bedömts som intressanta att nämna, antingen därför att de förekommer som signifikanta i flera av de framtagna funktionerna, eller därför att de omnämnts i tidigare studier:

Brösthöjdsdiameter – andelen träd med röta ökar med ökande diameter. Variabeln är både omnämnd i tidigare studier och förekommer som signifikant i 13 av 18 funktioner. Den har alltså betydelse för både gran (Figur 13, Figur 21, Figur 31, Figur 35, Figur 38), tall (Figur 52, Figur 60, Figur 62) och björk (Figur 75, Figur 80, Figur 83, Figur 88, Figur 93).

Trädhöjd / beståndsmedelhöjd – hos gran (Figur 7, Figur 14, Figur 22, Figur 24, Figur 27, Figur 30, Figur 40) och björk (Figur 76, Figur 84, Figur 87, Figur 95) förekommer samband mellan andel röta och trädets höjd eller beståndsmedelhöjden, andelen träd med röta tycks öka med ökad trädhöjd / medelhöjd. Sambandet tycks vara likartat även för tall (Figur 53).

Beståndsålder – för alla tre studerade trädslag finns klara samband mellan rötfrekvens och beståndets ålder. Andelen träd med röta ökar med beståndsåldern (gran: Figur 11, Figur 23, Figur 37, Figur 46; tall: Figur 61, Figur 71; och björk: Figur 74, Figur 81, Figur 82, Figur 87).

Marklutning – det finns samband mellan markens lutningsgrad och andelen röta för både gran (Figur 19, Figur 33, Figur 44, Figur 49), tall (Figur 65) och björk (Figur 99). I majoriteten av de fall variabeln förekommer i funktioner tycks det som om andelen rötade träd ökar med ökande marklutning, detta gäller upp till lutningsklass 7 och 10. Vid brantare lutning tycks rötfrekvensen avta något.

Markens lutningsriktning – det tycks som att träd som växer i en nordostlig – sydostlig sluttning i något högre grad är angripna av rotröta än de träd som växer i sluttningar åt

andra väderstreck. Detta samband kan hittas hos samtliga studerade trädslag (Figur 20, Figur 45, Figur 59, Figur 66, Figur 69, Figur 91, Figur 100).

Höjd över havet – för gran på riksnivå avtar andelen rötade träd med ökande höjd över havet upp till en nivå på 350 m ö h. Därefter ökar andelen röta kraftigt med ökande höjd över havet (Figur 5). För tall i region 4 tycks rötandelen minska med ökande höjd över havet (Figur 70). Hos björk förekommer inte variabeln i någon funktion.

Markfuktighet – för gran tycks det som om rötfrekvensen avtar med ökande markfuktighet (Figur 16, Figur 41, Figur 48). För tall däremot tycks det som om, tvärt emot för gran, andelen träd med röta ökar med ökande markfuktighet (Figur 57). För björk tycks det som om det finns en högre rötandel bland träd på torra och blöta marker (Figur 77, Figur 96).

Trädslagsblandning – i funktionen för gran på riksnivå förekommer granandel, tallandel samt björkandel som signifikanta variabler. Ett tydligt samband kan utläsas mellan röt förekomst och andel gran i beståndet, ju högre andel gran desto högre andel rötade träd (Figur 9, Figur 28). Vad gäller tallandel tycks det som om rötfrekvensen hos gran avtar med ökad inblandning av tall på ytan (Figur 8), detta samband syns än tydligare för variabeln björkandel (Figur 10).

Fältskiktstyp - för gran tycks det som om en högre andel röta kan återfinnas inom de bördigare fältskiktstyperna örter och gräs (Figur 18, Figur 25, Figur 43, Figur 50). Tallen tycks vara mest rötad när den växer på marker med sämre fältskiktstyper (Figur 56, Figur 58). För björk verkar det som om andelen röta ökar med sämre fältskiktstyper (Figur 78, Figur 98).

Jordartens textur – granen tycks vara mer drabbad av rotröta på finkorniga marker (moig sandig-moig morän – mjällig morän eller grovmo – mjäla på sediment) (Figur 32).

Temperatursumma – för björk kan utläsas ett klart samband mellan en minskande rötfrekvens med en ökande temperatursumma (Figur 73, Figur 89)

Tabell 4 Rotröta hos gran – för regioner samt på riksnivå**Gran**

Region	Andel röta (%)	n
1	7,9	819
2	7,1	3207
3	6,3	2392
4	9,7	3935
5	8,4	2091
Totalt för Sverige	8,0	12444

Tabell 5 Rotröta hos tall – för regioner samt på riksnivå**Tall**

Region	Andel röta (%)	n
1	0,8	961
2	0,9	3376
3	0,4	2827
4	0,6	3083
5	0,1	986
Totalt för Sverige	0,6	11233

Tabell 6 Rotröta hos björk – för regioner samt på riksnivå**Björk**

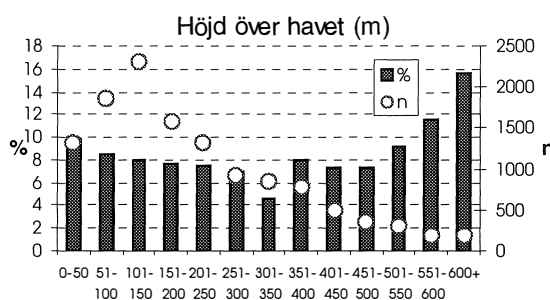
Region	Andel röta (%)	n
1	18,4	309
2	16,0	1014
3	9,2	467
4	7,3	701
5	8,0	399
Totalt för Sverige	11,9	2890

Tabell 7 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, gran på riksnivå

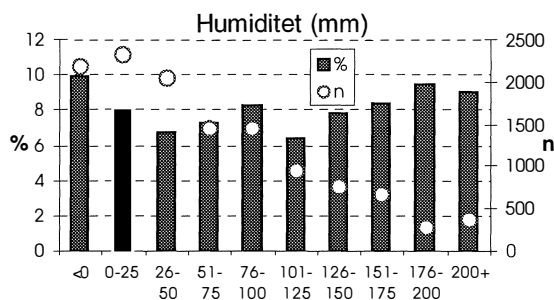
Gran Riksnivå

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-6,0144	0,8227	53,4439
Höjd över havet	-0,00082	0,000318	6,6966
Humiditet	-0,00332	0,000777	18,3158
Medelhöjd	0,00988	0,00132	55,8630
Tallandel	0,2188	0,0689	10,0783
Granandel	0,2321	0,0681	11,6236
Björkandel	0,1937	0,0776	6,2298
Beståndsålder	0,00477	0,00146	10,6199
Longitud	-0,00946	0,00240	15,5780
Diameter	0,0222	0,00199	124,6291
Höjd	-0,0167	0,00156	114,7015
Likåldrighet	-0,2183	0,0903	5,8394
Fukt 2	0,2021	0,0765	6,9819
Torvmark	-0,5833	0,1658	12,3812
Gräs	0,2008	0,09	4,9802
Ris	-0,2410	0,0867	7,7284
Lutning 4	0,2202	0,0849	6,7181
Lutning 7	0,4696	0,1181	15,8086
Lutningsriktning 3	0,2238	0,1138	3,8697
Diameter ²	-0,00002	0,000002862	64,6527

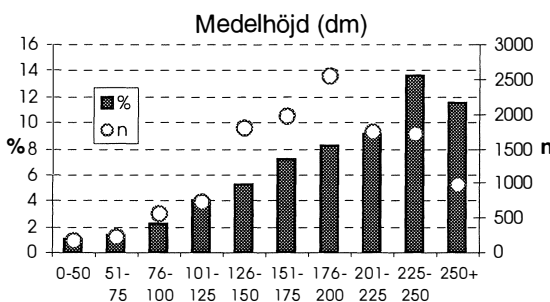
n = 12143



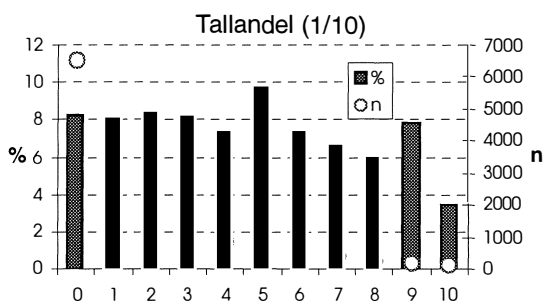
Figur 5 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln höjd över havet



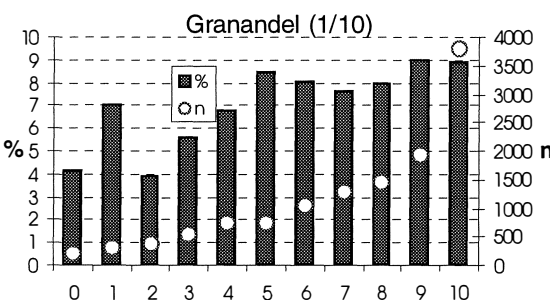
Figur 6 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln humiditet



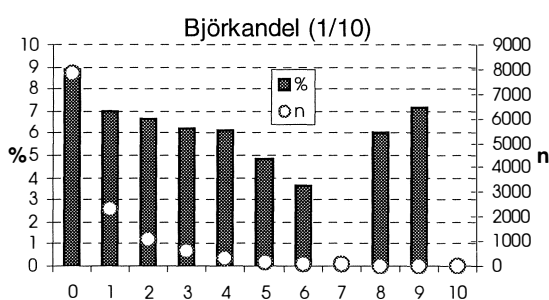
Figur 7 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln beståndsmedelhöjd



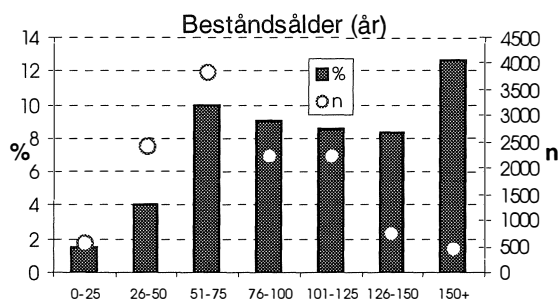
Figur 8 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln tallandel



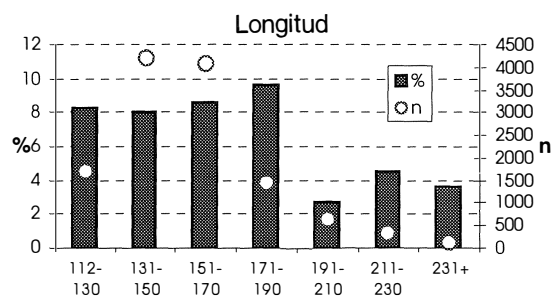
Figur 9 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln granandel



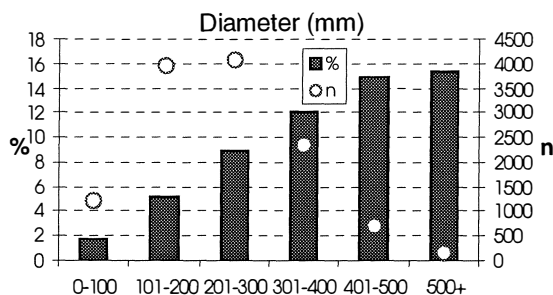
Figur 10 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln björkandel



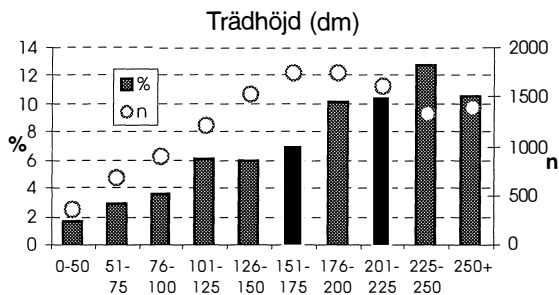
Figur 11 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln beståndsålder



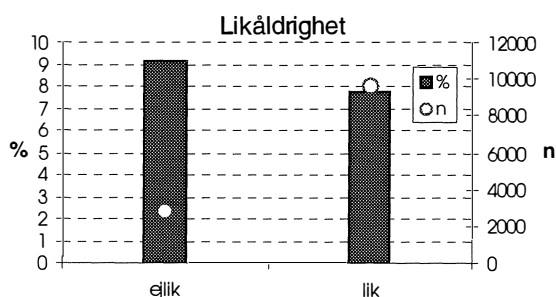
Figur 12 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln longitud



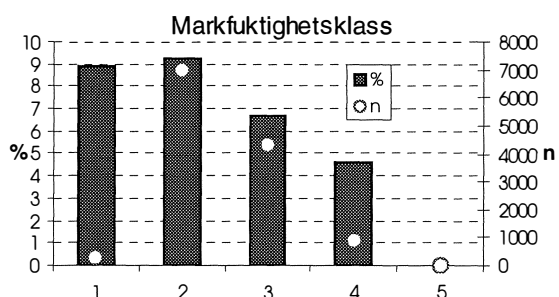
Figur 13 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln brösthöjdsdiameter



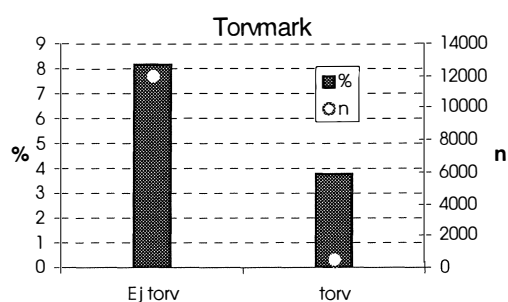
Figur 14 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln trädhöjd



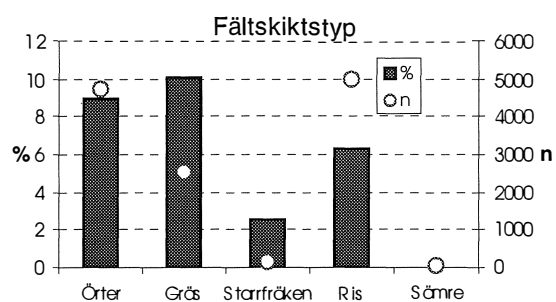
Figur 15 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln likåldrighet



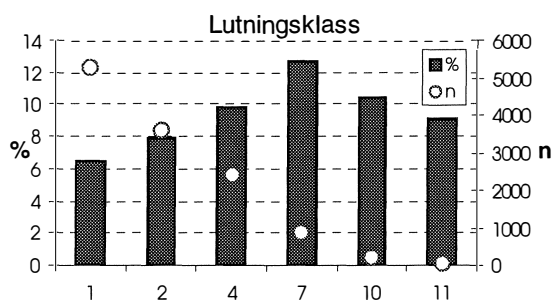
Figur 16 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln markfuktighetsklass



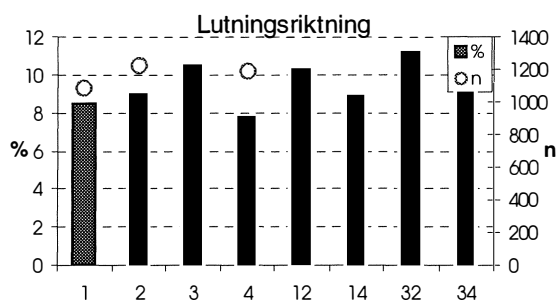
Figur 17 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln torvmark



Figur 18 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln fältskiktstyp



Figur 19 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln lutningsklass



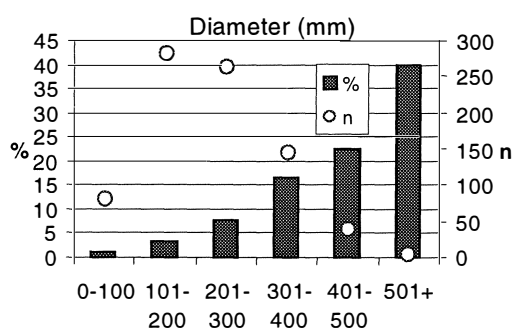
Figur 20 Gran på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln lutningsriktning

Tabell 8 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, gran i Riksskogstaxeringens region 1

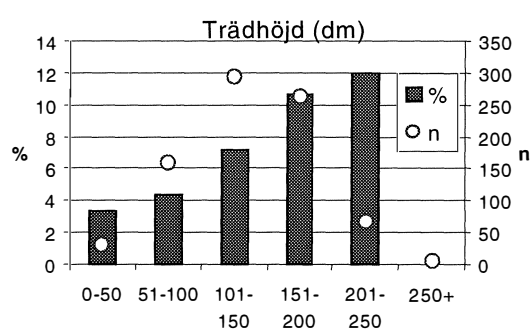
Gran Region 1

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-7,8359	1,1358	57,5973
Medelhöjd	0,0205	0,00585	12,2617
Beståndsålder	0,0134	0,00445	9,1098
Diameter	0,0138	0,00201	46,9512
Höjd	-0,0233	0,00506	21,25
Ris	0,6853	0,3361	4,1579

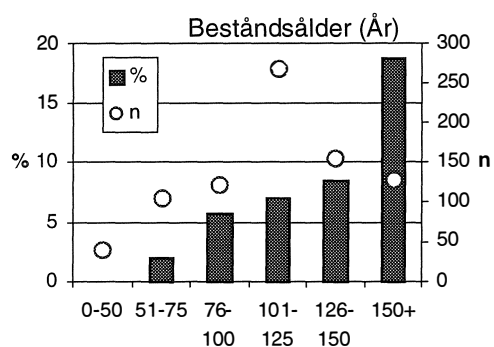
N = 801



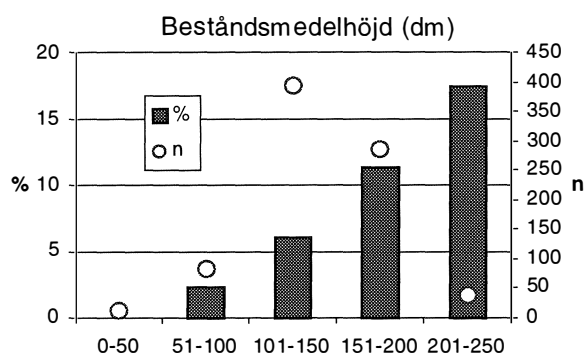
Figur 21 Gran i region 1 – andel röta fördelat över klasser av brösthöjdsdiameter



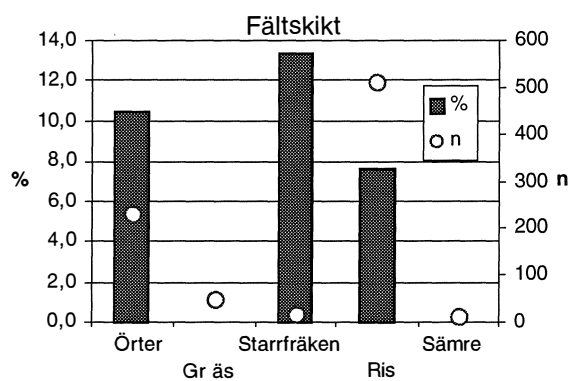
Figur 22 Gran i region 1 – andel röta fördelat över klasser av trädhöjd



Figur 23 Gran i region 1 – andel röta fördelat över klasser av beståndsålder



Figur 24 Gran i region 1 – andel röta fördelat över klasser av beståndsmedelhöjd



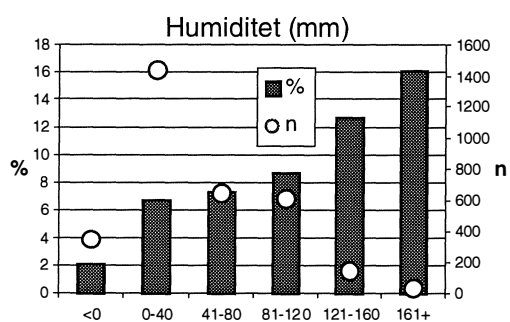
Figur 25 Gran i region 1 – andel röta fördelat över klasser av fältskiktstyp

Tabell 9 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, gran i Riksskogstaxeringens region 2

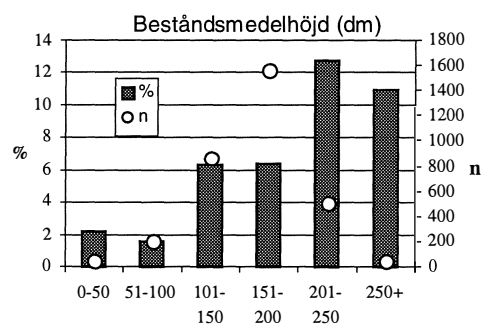
Gran Region 2

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-1.2167	1.1320	1.1552
Humiditet	-0.00595	0.00281	4.4876
Medelhöjd	0.00709	0.00273	6.7643
Granandel	0.0844	0.0349	5.8348
Longitud	-0.0195	0.00510	14.5733
Diameter	0.00858	0.00128	44.9833
Höjd	-0.0117	0.00295	15.7407
Textur 6	0.3655	0.1560	5.4921
Lutning 7	0.5305	0.2098	6.3929

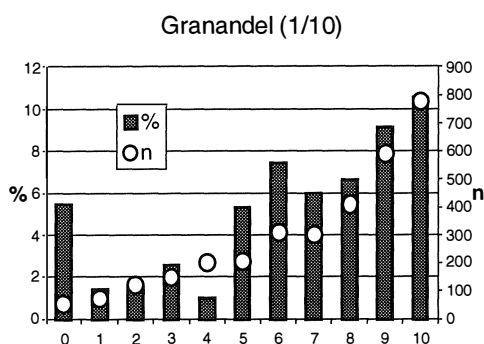
n = 3131



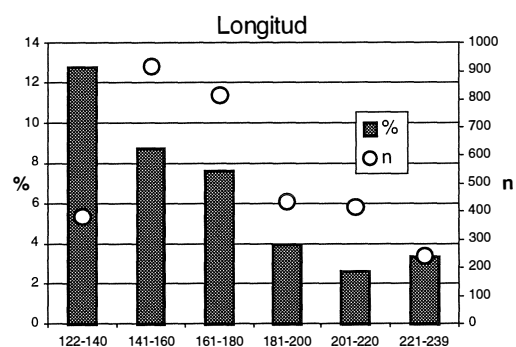
Figur 26 Gran i region 2 – andel röta fördelat över klasser av humiditet



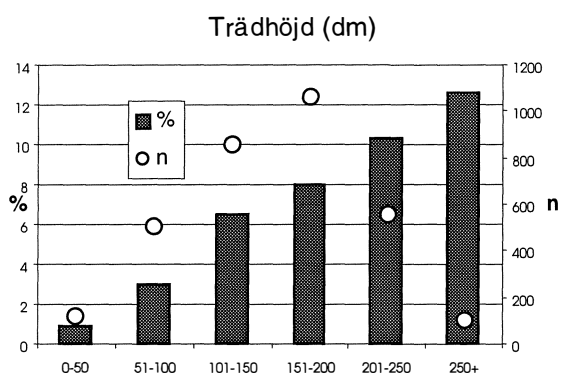
Figur 27 Gran i region 2 – andel röta fördelat över klasser av beståndsmedelhöjd



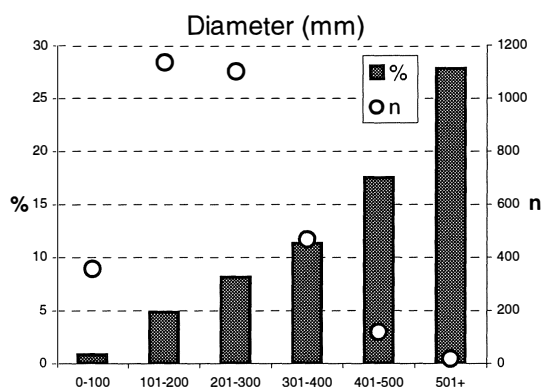
Figur 28 Gran i region 2 – andel röta fördelat över klasser av granandel



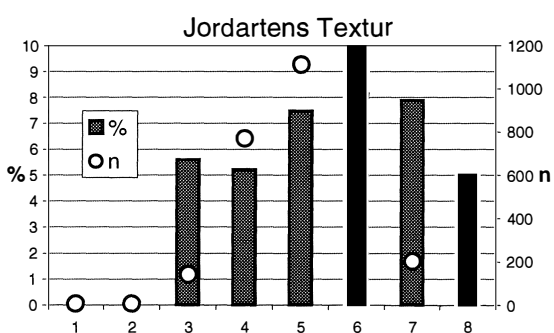
Figur 29 Gran i region 2 – andel röta fördelat över klasser av longitud



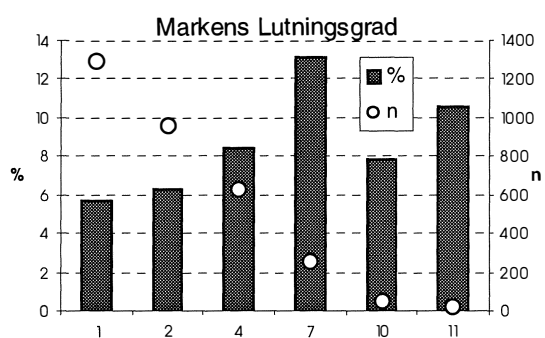
Figur 30 Gran i region 2 – andel röta fördelat över klasser av trädhöjd



Figur 31 Gran i region 2 – andel röta fördelat över klasser av brösthöjdsdiameter



Figur 32 Gran i region 2 – andel röta fördelat över klasser av jordartens textur



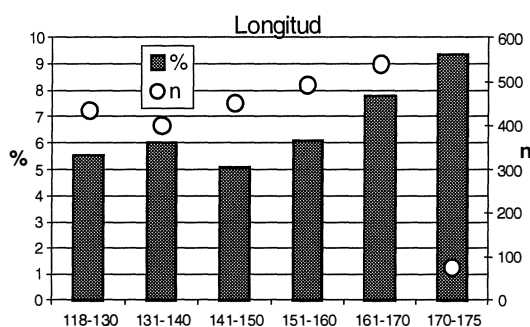
Figur 33 Gran i region 2 – andel röta fördelat över klasser av markens lutningsgrad

Tabell 10 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, gran i Riksskogstaxeringens region 3

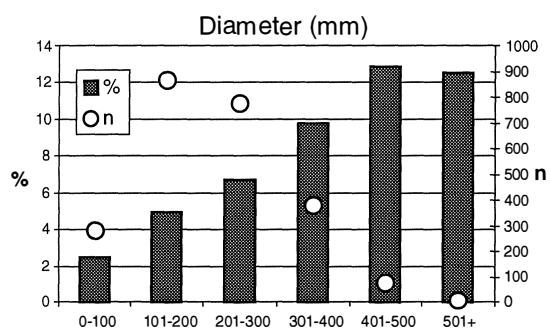
Gran Region 3

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	10.8030	7.8004	1.9180
Breddgrad	-0.0291	0.0140	4.3107
Longitud	0.0217	0.00751	8.3428
Diameter	0.00397	0.000857	21.4767

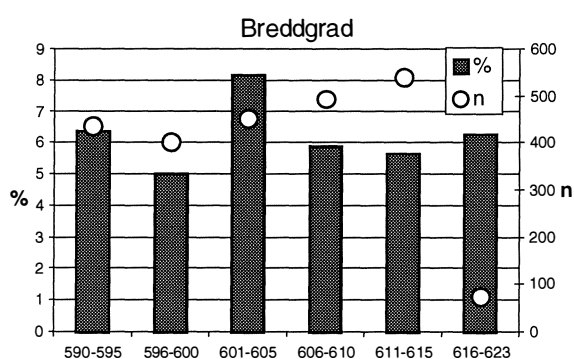
n = 2322



Figur 34 Gran i region 3 – andel röta fördelat över klasser av longitud



Figur 35 Gran i region 3 – andel röta fördelat över klasser av brösthöjdsdiameter



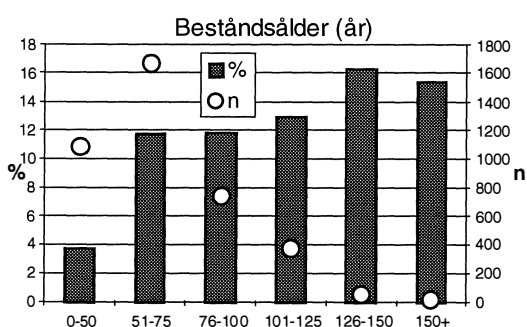
Figur 36 Gran i region 3 – andel röta fördelat över klasser av breddgrad

Tabell 11 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, gran i Riksskogstaxeringens region 4

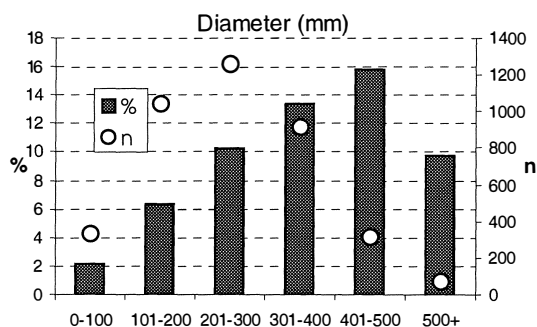
Gran Region 4

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi2
Konstant	-6.5449	0.5810	126.8957
Diameter ²	-0.00001	4.187*10 ⁻⁶	10.4218
Beståndsålder ²	-0.00019	0.000077	6.2449
Humiditet	-0.00300	0.00101	8.8320
Medelhöjd	0.00549	0.00249	4.8610
Beståndsålder	0.0406	0.0132	9.4413
Diameter	0.0151	0.00287	27.6377
Fukt 4	-0.9286	0.4305	4.6522
Torvmark	-0.7605	0.2976	6.5296
Gräs	0.4053	0.1186	11.6678
Lutning 1	-0.2909	0.1252	5.3993
Lutningsriktning 3	0.4616	0.1971	5.4841
Lutningsriktning 12	0.4695	0.2160	4.7243

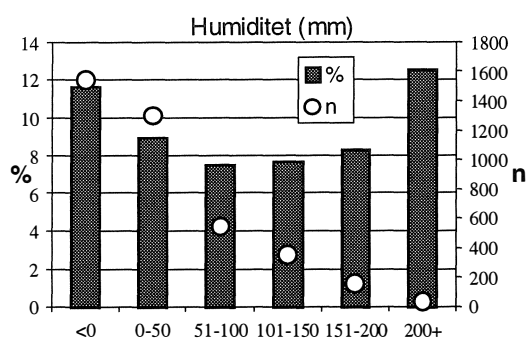
n = 3856



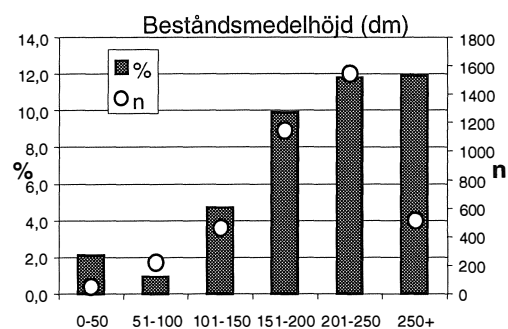
Figur 37 Gran i region 4 – andel röta fördelat över klasser av beståndsålder



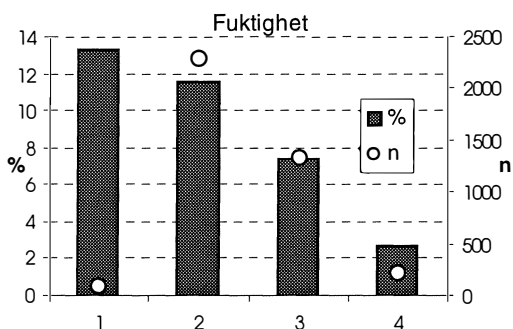
Figur 38 Gran i region 4 – andel röta fördelat över klasser av bröstdiameter



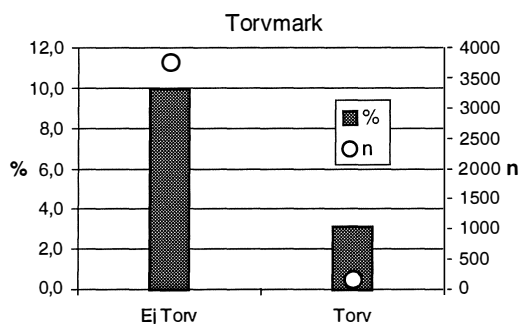
Figur 39 Gran i region 4 – andel röta fördelat över klasser av humiditet



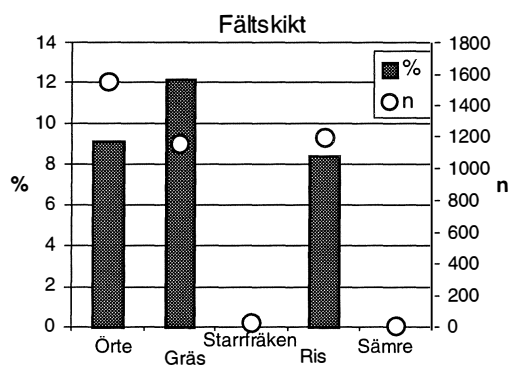
Figur 40 Gran i region 4 – andel röta fördelat över klasser av beståndsmedelhöjd



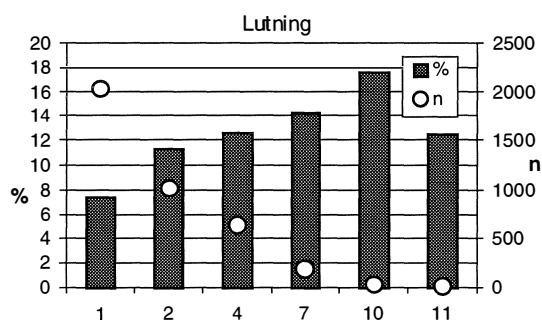
Figur 41 Gran i region 4 – andel röta fördelat över markfuktighetsklass



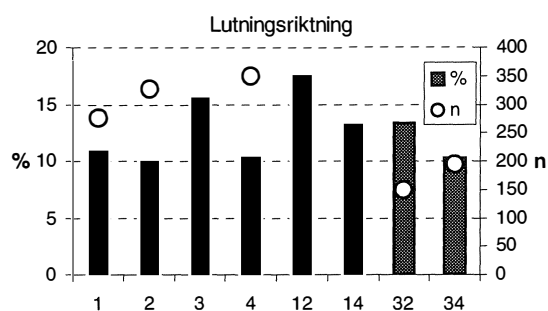
Figur 42 Gran i region 4 – andel röta fördelat över klasser av torvmark



Figur 43 Gran i region 4 – andel röta fördelat över fältskiktsskisser



Figur 44 Gran i region 4 – andel röta fördelat över marklutningsklasser



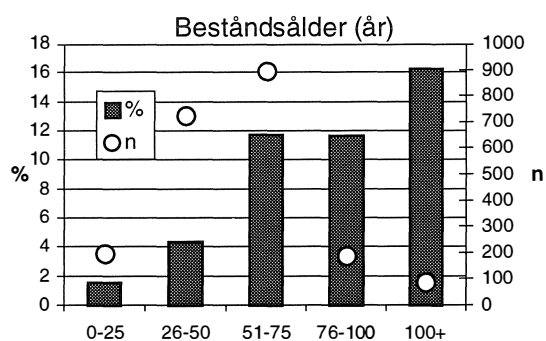
Figur 45 Gran i region 4 – andel röta fördelat över lutningsriktningar

Tabell 12 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, gran i Riksskogstaxeringens region 5

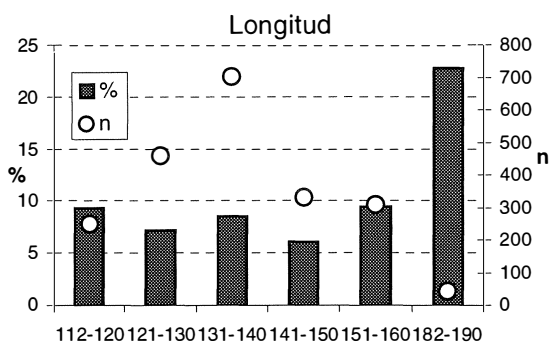
Gran Region 5

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-7.9857	1.0215	61.1144
Beståndsålder	0.0807	0.0167	23.4491
Longitud	0.0135	0.00564	5.7695
Fukt 2	0.6092	0.1963	9.6258
Ris	-0.7209	0.2685	7.2078
Lutning 4	0.6276	0.1943	10.4323
Lutning 7	1.0609	0.3039	12.1846
Beståndsålder ²	-0.00041	0.000116	12.3297

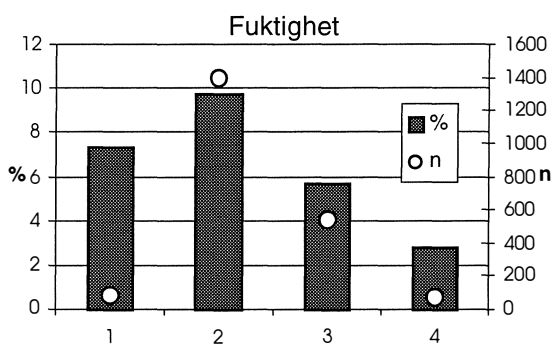
n = 2033



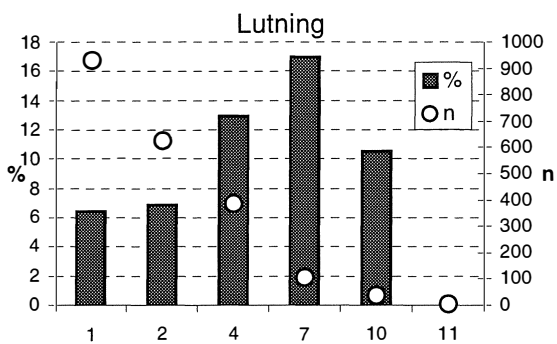
Figur 46 Gran i region 5 – andel röta fördelat över klasser av beståndsålder



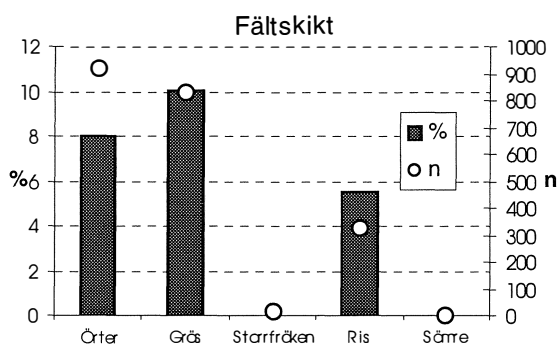
Figur 47 Gran i region 5 – andel röta fördelat över klasser av longitud



Figur 48 Gran i region 5 – andel röta fördelat över markfuktighetsklasser



Figur 49 Gran i region 5 – andel röta fördelat över lutningsklasser



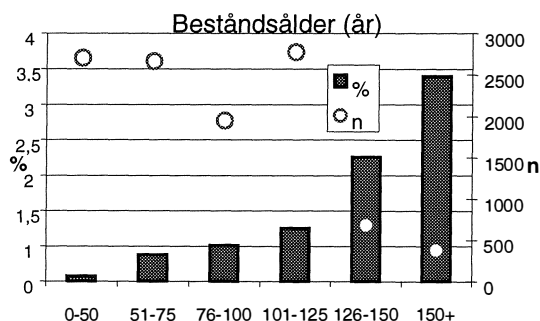
Figur 50 Gran i region 5 – andel röta fördelat över fältskiktsklasser

Tabell 13 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, tall på riksnivå

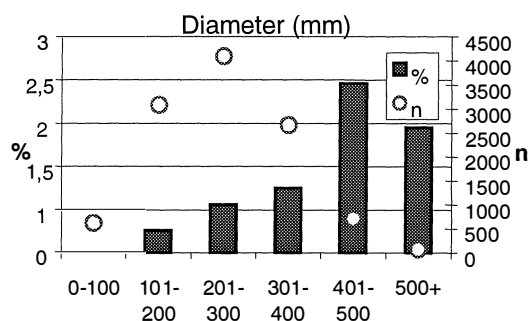
Tall Riksnivå

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald χ^2
Konstant	-14.4923	2.9262	24.5275
Beståndsålder	0.0161	0.00320	25.1820
Breddgrad	0.0104	0.00441	5.6039
Diameter	0.00952	0.00165	33.2410
Trädhöjd	-0.00877	0.00378	5.3734
Torvmark	0.7771	0.3657	4.5162
Sämre	1.0166	0.4111	6.1146

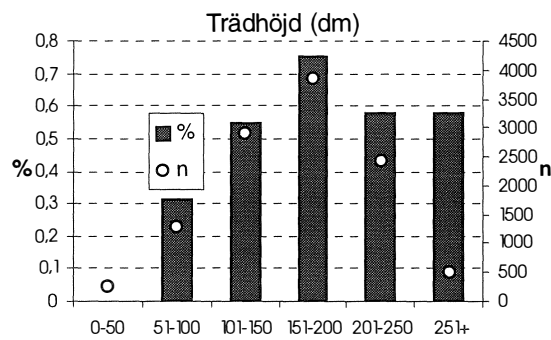
n = 11101



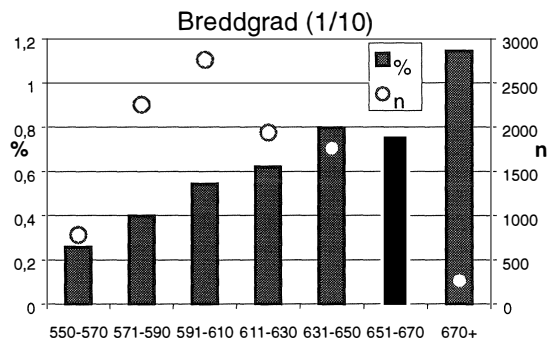
Figur 51 Tall på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln beståndsålder



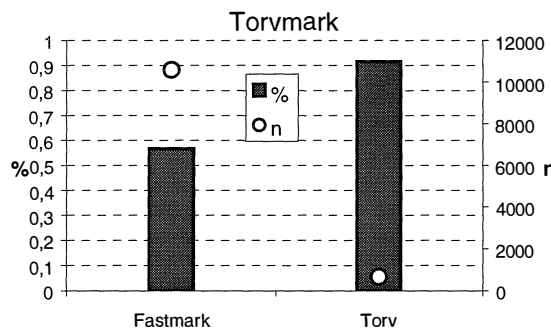
Figur 52 Tall på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln brösthöjdsdiameter



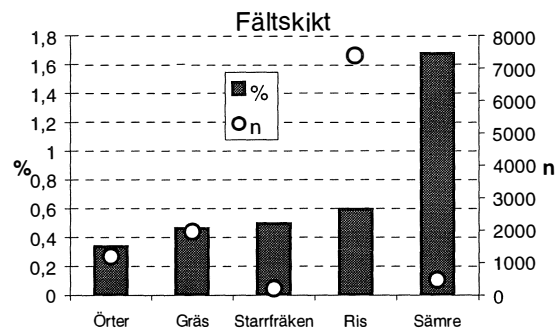
Figur 53 Tall på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln trädhöjd



Figur 54 Tall på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av variabeln breddgrad



Figur 55 Tall på riksnivå - Andel röta fördelat över variabeln torvmark



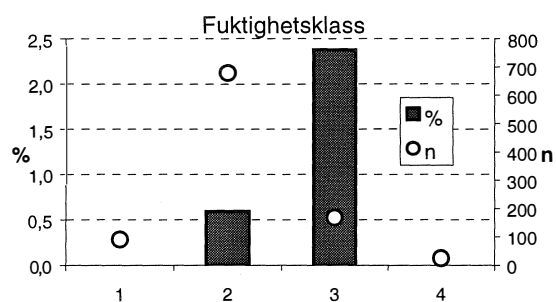
Figur 56 Tall på riksnivå - Andel röta fördelat över klasser av fältskiktstyp

Tabell 14 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, tall i Riks-skogstaxeringens region 1

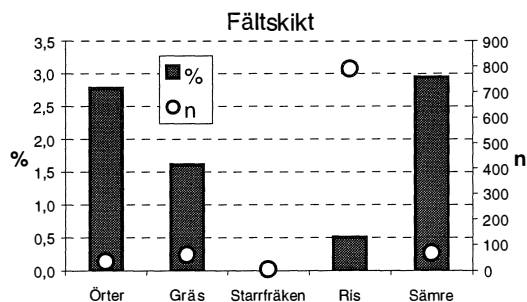
Tall Region 1

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-9.0271	1.4315	39.7675
Fukt 3	2.5782	0.8831	8.5229
Sämre	2.8927	1.0331	7.8398
Lutningsriktning 2	2.4262	1.1025	4.8428
Lutningsriktning 4	3.1164	1.1024	7.9923
Diameter ²	0.000024	7.407E-6	10.5938

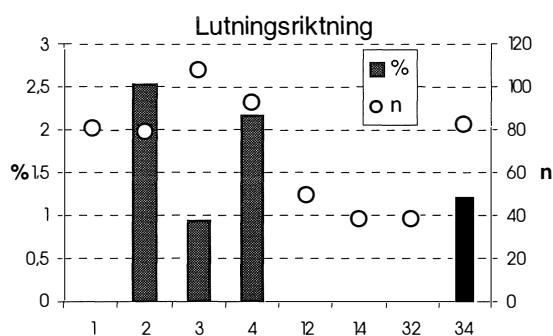
n = 889



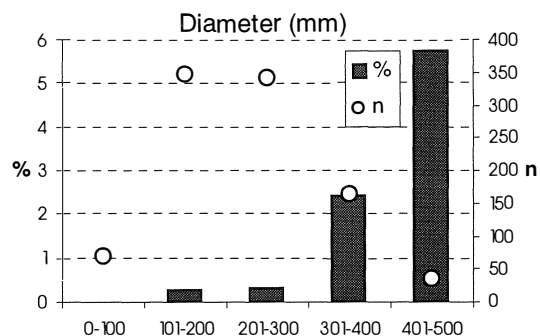
Figur 57 Tall i region 1 – andel röta fördelat över markfuktighetsklasser



Figur 58 Tall i region 1 – andel röta fördelat över fältskiktstyper



Figur 59 Tall i region 1 – andel röta fördelat över markens lutningsriktning



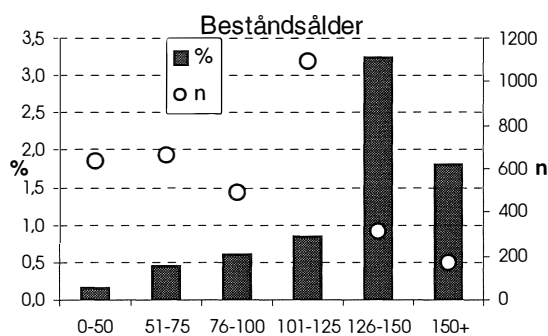
Figur 60 Tall i region 1 – andel röta fördelat över klasser av variabeln diameter

Tabell 15 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, tall i Riksskogstaxeringens region 2

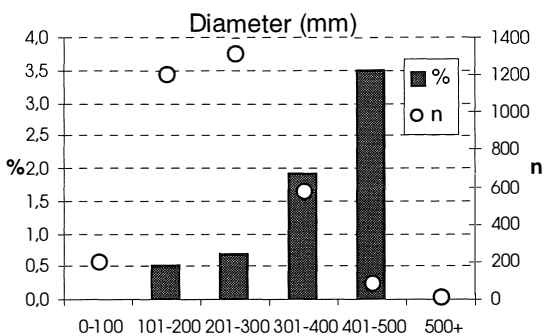
Tall Region 2

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald χ^2
Konstant	-8.6799	0.8525	103.6576
Beståndsålder	0.0149	0.00583	6.5364
Diameter	0.00687	0.00226	9.2106
Textur 2	2.8063	1.1095	6.3975
Sämre	1.8371	0.5818	9.9691
Lutning 7	1.6307	0.4418	13.6256
Lutning 11	2.2902	1.1135	4.2305
Lutningsriktning 14	1.4449	0.6584	4.8157

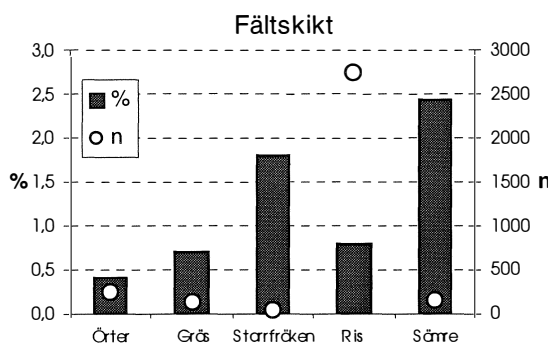
n = 3355



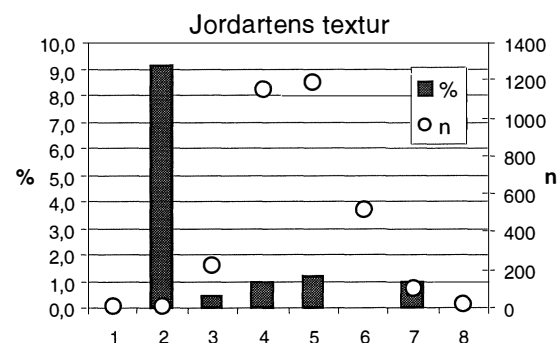
Figur 61 Tall i region 2 – andel röta fördelat över klasser av beståndsålder



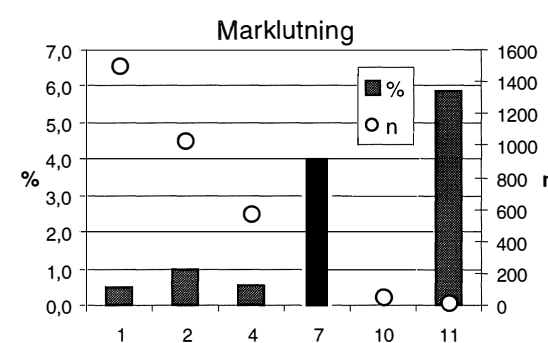
Figur 62 Tall i region 2 – andel röta fördelat över klasser av brösthöjdsdiameter



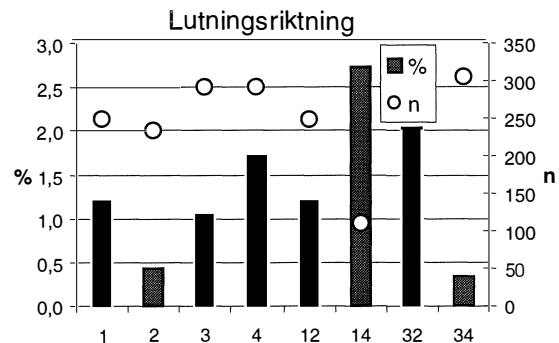
Figur 63 Tall i region 2 – andel röta fördelat över fältskiktstyper



Figur 64 Tall i region 2 – andel röta fördelat över jordartstextur



Figur 65 Tall i region 2 – andel röta fördelat över marklutning



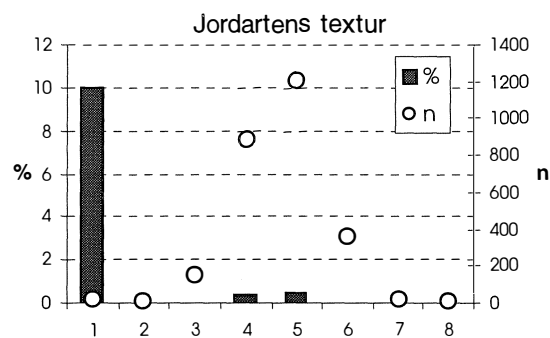
Figur 66 Tall i region 2 – andel röta fördelat över lutningsriktning

Tabell 16 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, tall i Riks-skogstaxeringens region 3

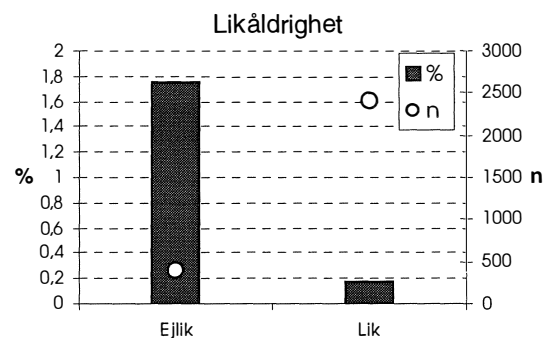
Tall Region 3

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-6.7878	0.5848	134.7330
Textur 1	3.1641	0.8503	13.8460
Ej likåldrigt	2.3688	0.6474	13.3887
Lutningsriktning 34	1.5714	0.7046	4.9740

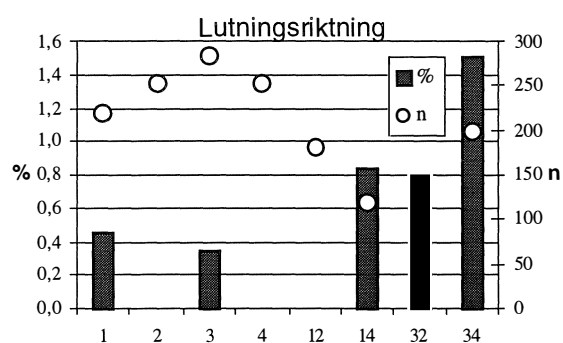
n = 2624



Figur 67 Tall i region 3 – andel röta fördelat över jordartens textur



Figur 68 Tall i region 3 – andel röta fördelat över variabeln likåldrighet



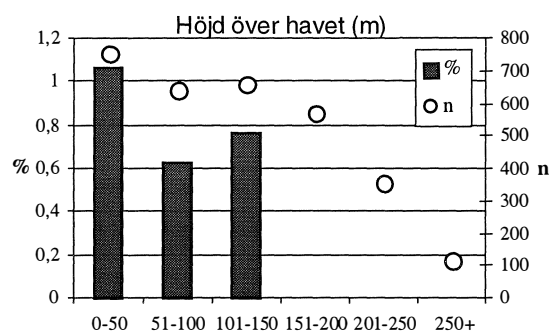
Figur 69 Tall i region 3 – andel röta fördelat över markens lutningsriktning

Tabell 17 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, tall i Riks-skogstaxeringens region 4

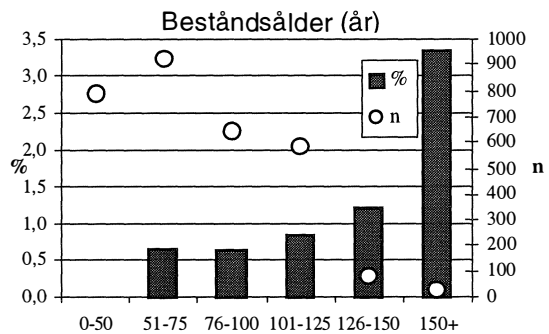
Tall Region 4

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-5.9773	0.8369	51.0067
Höjd över havet	-0.0113	0.00435	6.7554
Beståndsålder	0.0184	0.00741	6.1562
Torvmark	1.3318	0.5296	6.3232

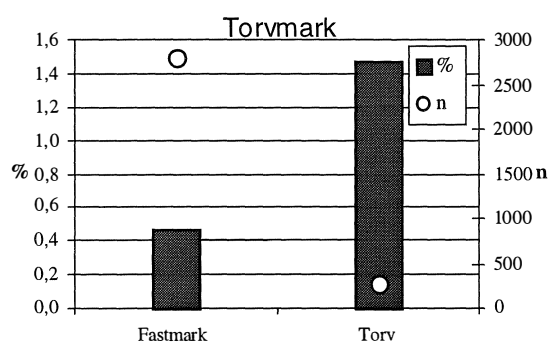
n = 3058



Figur 70 Tall i region 4 – andel röta fördelat över klasser av variabeln höjd över havet



Figur 71 Tall i region 4 – andel röta fördelat över klasser av variabeln beståndsålder



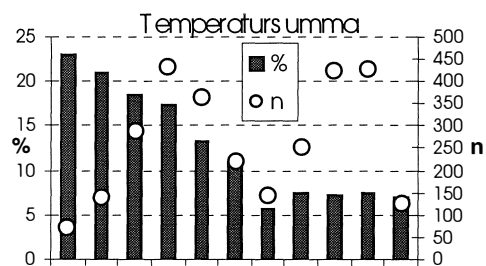
Figur 72 Tall i region 4 – andel röta fördelat över variabeln torvmark

Tabell 18 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, björk på riksnivå

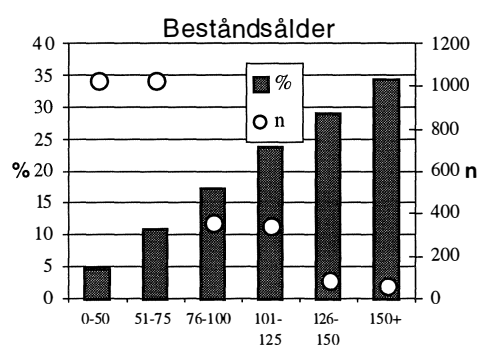
Björk Riksnivå

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-3.5298	0.4302	67.3117
Temperatursumma	-0.00083	0.000284	8.4527
Beståndsålder	0.0146	0.00188	60.4751
Diameter	0.0216	0.00316	46.7196
Trädhöjd	-0.0109	0.00221	24.1839
Fukt 3	-0.3775	0.1321	8.1665
Fukt 5	1.4761	0.5499	7.2060
Sämre	0.9020	0.3748	5.7917
Jorddjup 2	-0.8753	0.3888	5.0687
Diameter ²	-0.00002	5.732*10 ⁻⁶	17.9200

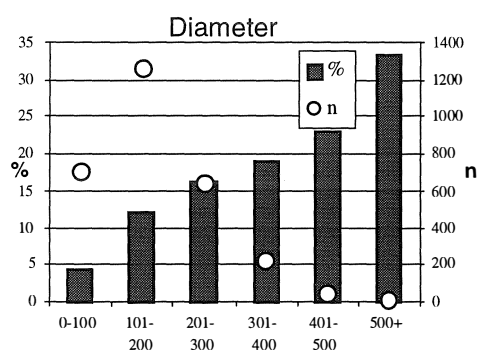
n = 2867



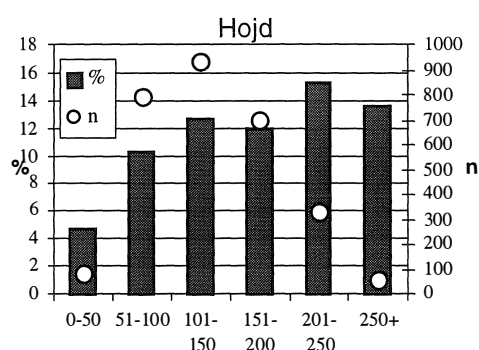
Figur 73 Björk på riksnivå – andel röta fördelat över variabeln temperatursumma



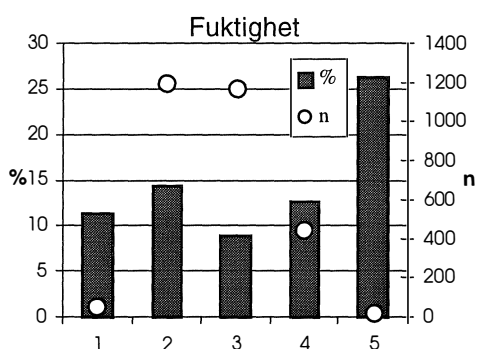
Figur 74 Björk på riksnivå – andel röta fördelat över variabeln beståndsålder



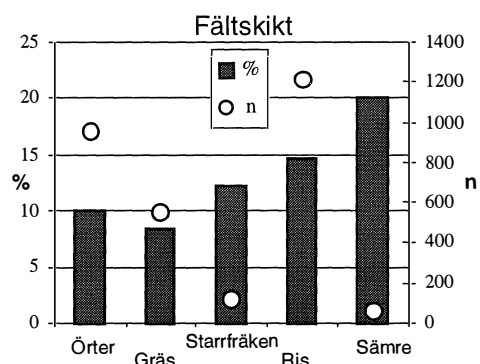
Figur 75 Björk på riksnivå – andel röta fördelat över variabeln bröst-höjdsdiameter



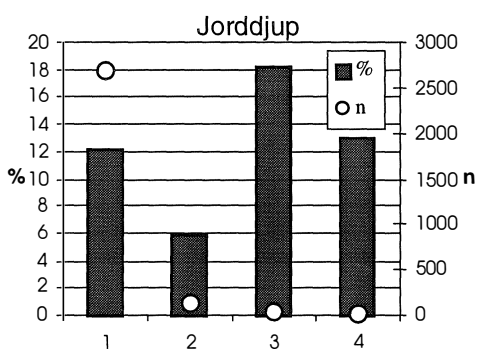
Figur 76 Björk på riksnivå – andel röta fördelat över variabeln trädhöjd



Figur 77 Björk på riksnivå – andel röta fördelat över variabeln mark-fuktighet



Figur 78 Björk på riksnivå – andel röta fördelat över fältskiktstyp



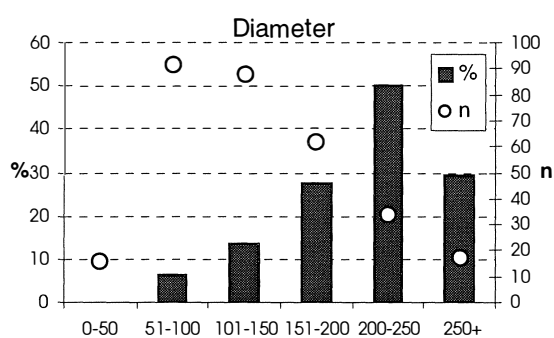
Figur 79 Björk på riksnivå – andel röta fördelat över variabeln jorddjup

Tabell 19 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, björk i Riksskogstaxeringens region 1

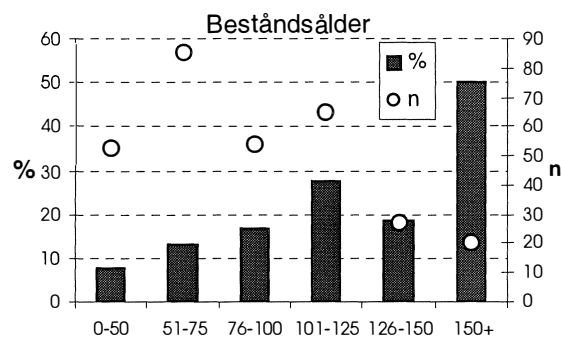
Björk Region 1

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-4.1865	0.5436	59.3062
Beståndsålder	0.0141	0.00410	11.7681
Diameter	0.00899	0.00215	17.4781

n = 303



Figur 80 Björk i region 1 – andel röta fördelat över klasser av variabeln brösthöjdsdiameter



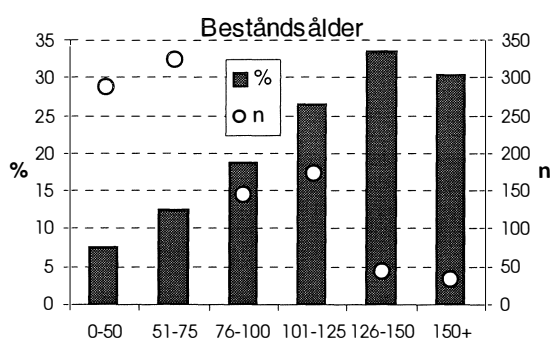
Figur 81 Björk i region 1 – andel röta fördelat över klasser av variabeln beståndsålder

Tabell 20 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, björk i Riksskogstaxeringens region 2

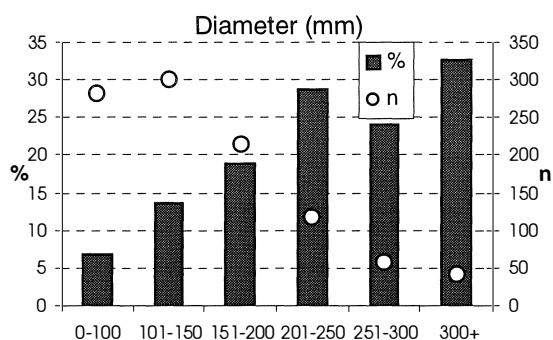
Björk Region 2

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-4.2776	0.5237	66.7067
Beståndsålder	0.0134	0.00245	29.9973
Diameter	0.0312	0.00606	26.5618
Trädhöjd	-0.0173	0.00329	27.7896
Diameter ²	-0.00004	0.000014	10.4779

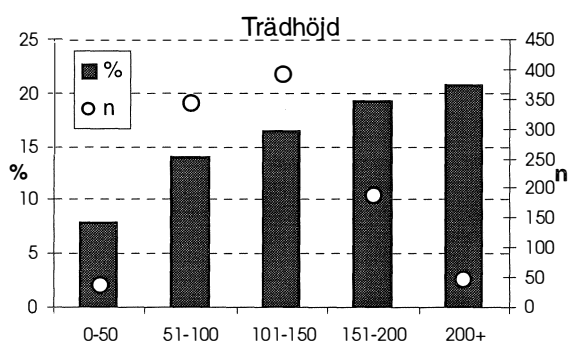
n = 1008



Figur 82 Björk i region 2 – andel röta fördelat över klasser av variabeln beståndsålder



Figur 83 Björk i region 2 – andel röta fördelat över klasser av variabeln brösthöjdsdiameter



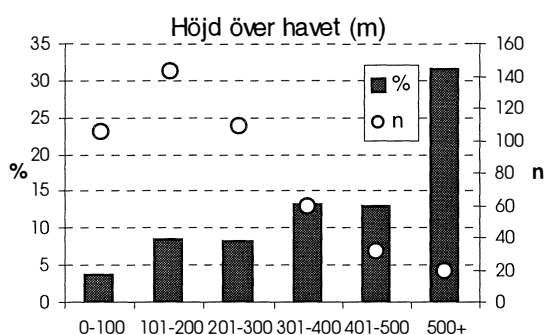
Figur 84 Björk i region 2 – andel röta fördelat över klasser av variabeln trädhöjd

Tabell 21 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, björk i Riksskogstaxeringens region 3

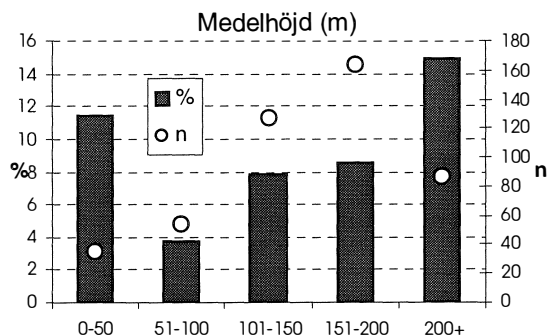
Björk Region 3

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald χ^2
Konstant	-4.7224	0.6820	47.9474
Höjd över havet	0.00272	0.00118	5.2601
Medelhöjd	-0.0120	0.00411	8.4757
Beståndsålder	0.0281	0.00619	20.6384
Diameter	0.00794	0.00180	19.4760

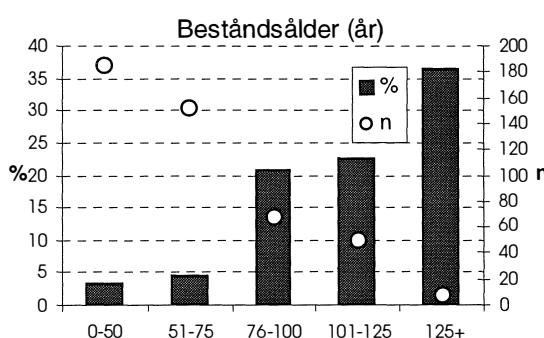
n = 464



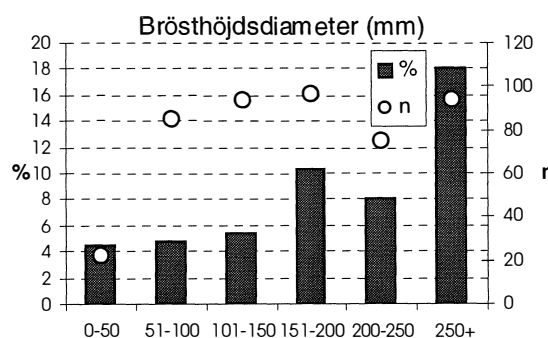
Figur 85 Björk i region 3 – andel röta fördelat över klasser av variabeln höjd över havet



Figur 86 Björk i region 3 – andel röta fördelat över klasser av variabeln beståndsmedelhöjd



Figur 87 Björk i region 3 – andel röta fördelat över klasser av variabeln beståndsålder



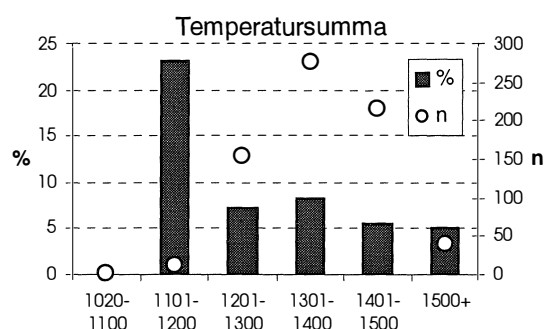
Figur 88 Björk i region 3 – andel röta fördelat över klasser av variabeln brösthöjdsdiameter

Tabell 22 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, björk i Riksskogstaxeringens region 4

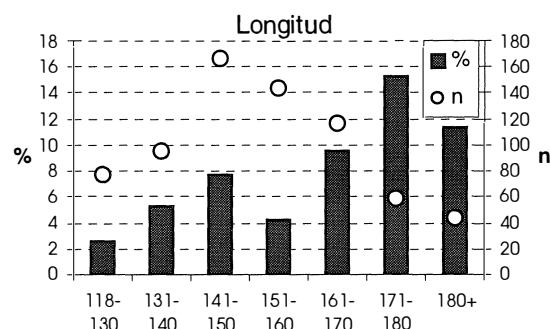
Björk Region 4

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald chi ²
Konstant	-3.9578	2.5990	2.3189
Temperatursumma	-0.00376	0.00180	4.3457
Longitud	0.0326	0.00933	12.2448
Diameter	0.00699	0.00142	24.2387
Dike 2	-1.5016	0.7467	4.0441
Lutningsriktning 32	1.2408	0.5545	5.0073

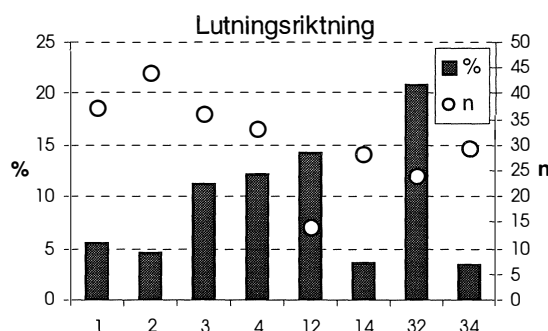
n = 695



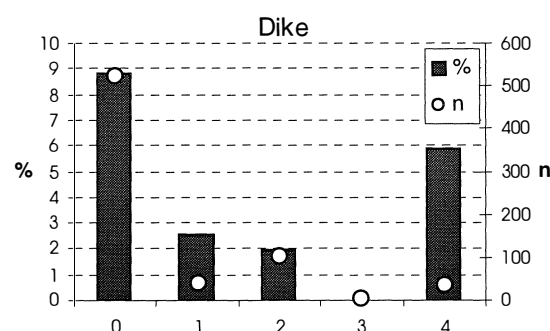
Figur 89 Björk i region 4 – andel röta fördelat över klasser av variabeln temperatursumma



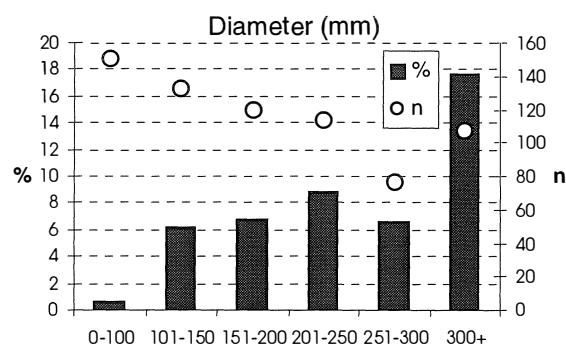
Figur 90 Björk i region 4 – andel röta fördelat över klasser av variabeln longitud



Figur 91 Björk i region 4 – andel röta fördelat över markens lutningsriktning



Figur 92 Björk i region 4 – andel röta fördelat över klasser av variabeln dike



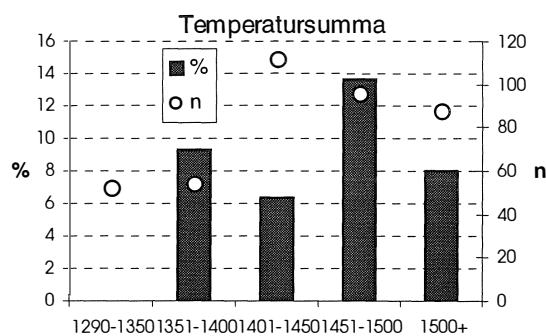
Figur 93 Björk i region 4 – andel röta fördelat över klasser av variabeln brösthöjdsdiameter

Tabell 23 Modell för att skatta sannolikheten att ett träd är rötskadat, björk i Riksskogstaxeringens region 5

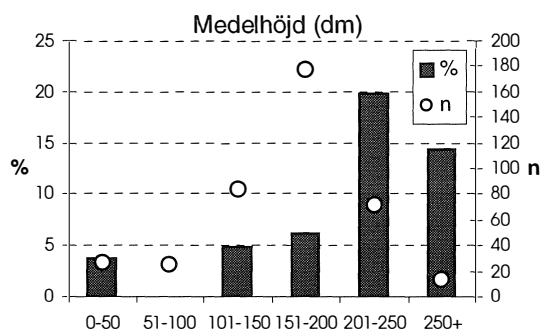
Björk Region 5

Oberoende variabler	Koefficient	Medelfel	Wald χ^2
Konstant	-18.3373	4.8546	14.2679
Temperatursumma	0.00717	0.00310	5.3424
Medelhöjd	0.0256	0.00617	17.2829
Fukt 4	1.3776	0.5768	5.7049
Textur 4	1.8594	0.4805	14.9767
Textur 8	2.4826	1.2151	4.1748
Örter	-1.4881	0.6075	6.0001
Lutning 2	-2.0724	0.8086	6.5681
Lutningsriktning 12	3.3272	0.9241	12.9643
Lutningsriktning 34	2.8089	0.8588	10.6977

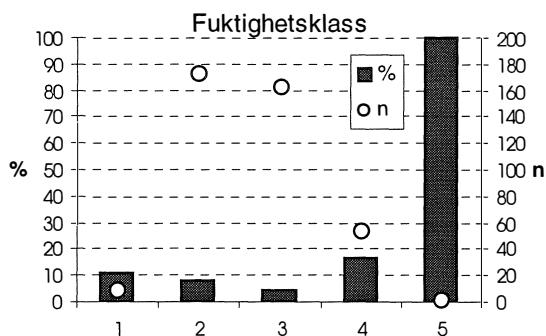
n = 369



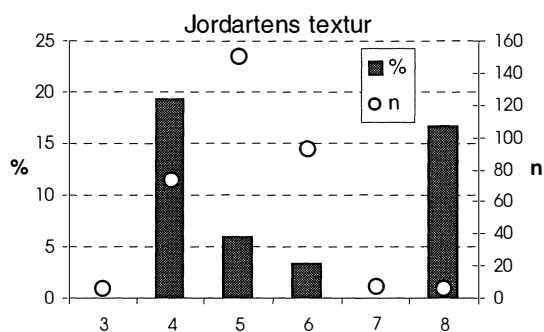
Figur 94 Björk i region 5 – andel röta fördelat över klasser av variabeln temperatursumma



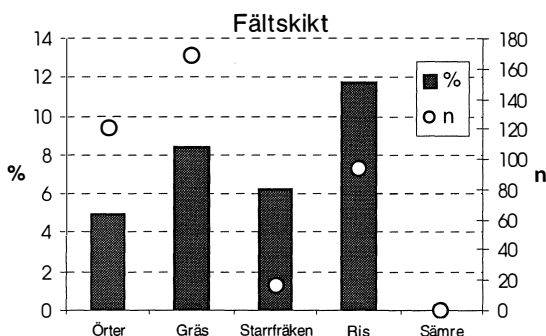
Figur 95 Björk i region 5 – andel röta fördelat över klasser av variabeln beståndsmedelhöjd



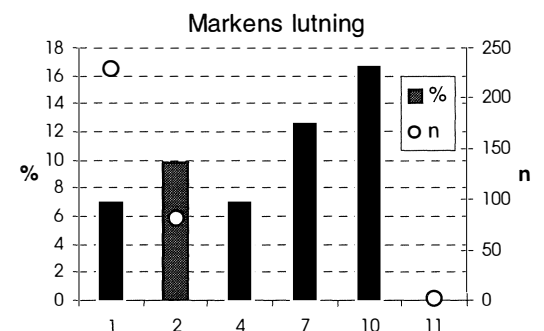
Figur 96 Björk i region 5 – andel röta fördelat över markens fuktighetsklass



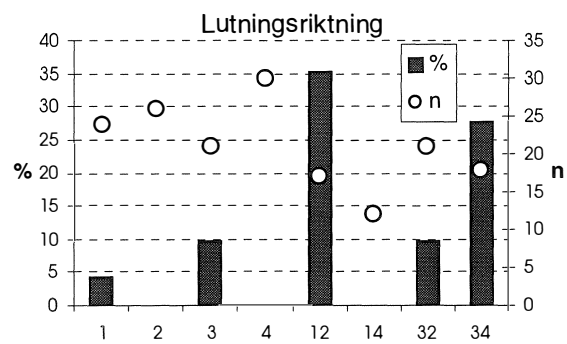
Figur 97 Björk i region 5 – andel röta fördelat över jordartens textur



Figur 98 Björk i region 5 – andel röta fördelat över fältskiktstyper



Figur 99 Björk i region 5 – andel röta fördelat över klasser av markens lutning



Figur 100 Björk i region 5 – andel röta fördelat över markens lutningsriktning

Tabell 24 Validering av modeller för att skatta sannolikhet för röta hos björk, valideringen har skett på data från 1999 års riksskogstaxering.

Björk

Region	Y	$\frac{\sum P(\text{röta})}{n}$	\hat{y}	n	Andel rötade träd som skattats rötade	Andel ej rötade träd som skattats ej rötade
Riks	0,128	0,165	0,150	679	0,23	0,86
1	0,127	0,182	0,169	71	0,33	0,85
2	0,143	0,210	0,221	258	0,26	0,79
3	0,154	0,114	0,145	117	0,22	0,87
4	0,125	0,099	0,092	152	0,21	0,92
5	0,049	0,106	0,111	81	0,25	0,90

Tabell 25 Validering av modeller för att skatta sannolikhet för röta hos gran, valideringen har skett på data från 1999 års riksskogstaxering.

Gran

Region	Y	$\frac{\sum P(\text{röta})}{n}$	\hat{y}	n	Andel rötade träd som skattats rötade	Andel ej rötade träd som skattats ej rötade
Riks	0,077	0,104	0,113	2122	0,15	0,89
1	0,070	0,076	0,070	158	0,18	0,94
2	0,064	0,069	0,074	595	0,16	0,93
3	0,076	0,069	0,070	474	0,06	0,92
4	0,082	0,098	0,099	646	0,09	0,85
5	0,104	0,098	0,108	249	0,12	0,89

Tabell 26 Validering av modeller för att skatta sannolikhet för röta hos tall, valideringen har skett på data från 1999 års riksskogstaxering.

Tall

Region	Y	$\frac{\sum P(\text{röta})}{n}$	\hat{y}	n	Andel rötade träd som skattats rötade	Andel ej rötade träd som skattats ej rötade
Riks	0,008	0,008	0,010	2197	0,00	0,99
1	0,010	0,020	0,010	185	0,00	0,99
2	0,010	0,010	0,010	690	0,11	0,99
3	0,010	0,010	0,010	550	0,00	0,99
4	0,010	0,010	0,000	618	0,00	1,00

4. Diskussion

Rotröta kostar årligen det svenska skogsbruket upp till en miljard kronor. För att skatta den nuvarande rötförekomsten och risken för framtida rötskador har funktioner för att skatta sannolikheten att ett träd är rötat framställts. Sambandet mellan rotröta och ett antal träd-, bestånds- och ståndortsvariabler har också studerats. Funktionerna avser trädslagen gran, tall och björk och resultaten redovisas på riks- och regional nivå.

Uppgifter om provträd från Riksskogstaxeringens tillfälliga odelade provytor under åren 1993 – 1998 har använts. Materialet är för ändamålet det bästa tillgängliga därför att det är rikstäckande, data är objektivt insamlade samt på grund av att ett mycket stort antal ståndorts-, bestånds- och trädvariabler registreras på varje provyta. Nackdelarna med materialet är att det på grund av inventeringens design är svårt att göra skattningar med hög geografisk upplösning (Riksskogstaxeringens syfte är främst att beskriva tillstånd och förändringar på riks- och regional nivå). Ytterligare en svaghet hos materialet är att registreringen av rotröta sker genom att studera ett borrhå taget på 1,3 m höjd. Stenlid & Wästerlund (1986) som studerade två granbestånd i Mellansverige visar att man med hjälp av borrhå från brösthöjd endast återfinner 40 – 70 % av den röta som förekommer i stubbhöjd. Detta kan bero på att rötan inte har hunnit växa upp till brösthöjd (1,3 m), en annan orsak kan vara att rötan inte alltid är centrumställd (det är lätt att missa rötan med en tillväxtborrhå). Ju äldre beståndet är desto större andel av den röta som förekommer i stubbhöjd återfinns också i brösthöjd (Stenlid & Wästerlund, 1986). Vid registrering av röta kan det också vara svårt att skilja en ”vanlig” missfärgning av veden från en rötskada. Vidare är det svårt att upptäcka ett rötangrepp i sitt tidigaste skede.

Eftersom provträd lottas proportionellt mot ett träds storlek avser skattningarna inte trädens sanna fördelning i skogen. Då andelen rotröta ökar med åldern är det sannolikt att detta urval består av träd som är mer rötade än medeltalet i Svenska skogar. I funktionerna, där t.ex. variabeln beståndsålder ingår, har detta ingen större betydelse. Detta medför generellt att skattningarna är mer osäkra för mindre träd än för stora.

Vad gäller den geografiska spridningen av rotröta överensstämmer denna studies resultat mycket väl med tidigare forskning (Bengtsson, 1976). Bengtssons (1976) studie bygger dock på röta registrerad på stubbar >15 cm vilket troligen är orsaken till att den skattade andelen röta skiljer sig från denna studie. Relationerna mellan de olika regionerna är dock i stort sett likadana för de bägge studierna. Den stora geografiska variationen av rötade björkar kan möjligen förklaras med geografisk variation av björkens medelålder.

Det faktum att andelen rotröta tycks ha ett starkt samband med variabeln brösthöjdsdiameter gäller för samtliga tre studerade trädslag. Detta överensstämmer med tidigare studier (Euler & Johansson, 1983. Rennerfelt, 1945. Sjöberg, 1994). Brösthöjdsdiameter korrelerar med trädålder. Vid samma trädålder ökar röt förekomsten med ökande brösthöjdsdiameter. Detta kan bero på att vedegenskaperna hos frodvuxna träd gynnar rotrötans tillväxt. En ytterligare orsak skulle kunna vara att rotröta hos främst gran har samma preferenser gällande ståndortsegenskaper som gran. Dvs där granen växer bättre växer också rotrötan bättre. Denna teori stöds av att andelen rotröta också ökar med ökande marklutning som i sin tur påverkar tillgången till rörligt markvatten. Vidare tycks rotröta förekomma i högre grad på bördigare fältskiktstyper samt på finkorniga marker. Vad som talar emot teorin är att rotröta hos gran tycks minska med ökande markfuktighet, vilket överensstämmer med tidigare studier (Euler & Johansson, 1983). Att rotröta hos tall ökar med ökande markfuktighet överensstämmer inte med Rennerfelt (1952) som funnit att rotröta hos tall främst förekommer på torra, magra sandmarker. För både tall och gran kan en ökande andel rotröta bero på att träden växer på för respektive trädslag olämplig ståndort, avseende markfuktighet, och att ett därför redan stressat träd skulle kunna ha lägre motståndskraft mot rotrötesvampar och andra skadegörare.

Sambandet mellan rotröteförekomst hos gran och höjd över havet överensstämmer till viss del med Eulers & Johanssons (1983) studie. Båda studierna visar att andelen rotröta minskar med ökande höjd över havet i intervallet 0 – 250 meter över havet. För högre altituder påvisar denna studie en kraftig ökning av rotröteförekomst med ökande höjd över havet. Eulers & Johanssons (1983) studie bygger på Riksskogstaxeringens material

insamlat i region 3 och region 4 där inga observationer högre än 250 meter över havet förekommer.

Att andelen rotröta hos gran ökar ju mer trädslagsrena bestånden är stöds av både denna studie, Sjöberg (1994) och Euler & Johansson (1983). Det kan antas att trädrötterna mellan olika trädindivider i trädslagsrena bestånd av olika orsaker har närmare kontakt än hos olika trädindivider i blandskogsbestånd. En orsak kan vara att rötter av samma trädslag har lättare att växa samman och en annan möjlig orsak kan vara att rötter av samma trädslag söker näring i likartade markskikt. Då spridningen av rotröta till stor del sker via rotkontakter mellan rötade och friska träd (Stenlid, 1989b) kan blandskogar vara ett alternativ för att minska rötans spridning.

Logistisk regression (Hosmer & Lemeshow, 1989) valdes som metod för att ta fram ”rötfunktioner”. Logistisk regression har på senare tid flitigt använts för att skatta binomialfördelade beroende variabler, främst inom medicin och psykologi. Med metoden kan funktioner förhållandevis enkelt framställas och utvärderas. Tillämpningen är enkel och välkänd. Ett problem (som i och för sig inte är unikt för stegvis logistisk regression) är att det ibland kan vara svårt att utvärdera effekter av enskilda variabler på grund av samvariation mellan variabler. Exempelvis visas att rötförekomst vanligen ökar med ökande trädhöjd i tidigare figurer. Det omvända tycks dock gälla i funktionerna. Detta i sin tur kan bero på att givet en viss storlek (diameter, beståndsålder) tycks rötförekomsten minska med ökande höjd. Logistisk regression bygger på oberoende enskilda observationer. Eftersom ibland fler än ett provträd kommer från samma provyta i Riksskogstaxeringen kan observationerna ej anses vara helt oberoende. Försiktighet bör eftersträvas vid analys av oberoende variabler, särskilt för tall där en låg andel av träden är rötade samt när antalet observationer är få.

Vid validering av funktionerna genom applicering av dessa på 1999 års data från Riksskogstaxeringen befanns funktionerna för gran och tall skatta andelen röta på riks- och regionnivå tillfredsställande. Detta gäller dock inte funktionerna för björk som både över- och underskattar andelen röta. Variationen kan bero på att ett väsentligt lägre antal prov-

träd insamlats av björk än av gran och tall. Detta gäller både för valideringsmaterialet och det material funktionerna baseras på.

4.1 Slutsatser

Starka samband mellan andelen rötade träd och variablerna beståndsålder och brösthöjdsdiameter påvisas i denna studie. En ökad överhållning av Sveriges skogar, som eftersträvas av bland annat miljövardsskäl, kan därmed innebära en högre andel röta i framtiden vilket måste beaktas i ekonomiska analyser. Dessutom tillkommer en kostnad orsakad av den inoptimalförlust som följer av en omloppstid som är längre än normalfallet.

På grund av att funktionerna i denna studie baseras på ett relativt sett glest stickprov blir skattningar osäkra på mindre geografiska områden. Tänkbara tillämpningsområden kan därför vara nationell och regional nivå. Skattningar avseende mindre områden är förmodligen väntevärdesriktiga men det slumpmässiga felet gör skattningarna mycket osäkra.

När ett tillräckligt stort antal stubbar har inventerats av Riksskogstaxeringen är det lämpligt att dels göra om denna studie men då baserad på rötforekomst i stubbskär och dels att kalibrera rötforekomst i brösthöjd med stubbhöjd.

Referenser

- Anon. 1990. SAS user's guide: statistics, Version 6. SAS Institute Inc., Cary, NC
- Anon, 1996. Using Arc View GIS. Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Anon. 1999. Instruktion för fältarbetet vid Riksskogstaxeringen år 1999. SLU, institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik.
- Bendz-Hellgren, M. 1995a. Fakta om rotröta. Rotticka. Skog och forskning. Nr 2, s. 6-7.
- Bendz-Hellgren, M. 1995b. Fakta om rotröta. Honungsskivlingar. Skog och forskning. Nr 2, s. 7.
- Bendz-Hellgren, M. 1997. Heterobasidion annosum root and butt rot of Norway spruce, Picea abies colonization by the fungus and its impact on tree growth. Swedish university of Agricultural Sciences. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Silvestria 41.
- Bengtsson G. 1975. Skador på skog belysta genom rikstaxen, Skogs- och virkesskydd. Sveriges skogsvårdsförbund, Stockholm, s. 58-79.
- Carling, O. et al. 1984. Träskyddshandbok. Stockholm, Svensk Byggtjänst, 208 sidor.
- Euler, Fredrik von. Johansson, M. 1983. Granens rotröta frodas i Norden. Skogsfakta, Biologi och skogsskötsel, nr 10.
- Fridman, J. 2000. Damaged and Dead Trees in Swedish Forests Assessment and prediction based on data from the National Forest Inventory. Swedish university of Agricultural Sciences. Acta Universitatis agriculturae Sueciae Silvestria 146.

Hosmer, D.W, and Lemeshow, S. 1989. Applied logistic regression. John Wiley & sons, inc., New York. 307 sidor.

Ranneby, B., Cruse, T., Hägglund, B., Jonasson, H. & Swärd J. 1987. Designing a new national forest survey for Sweden. Stud. For. Suec. 177.

Rennerfelt, E. 1945. Om granens rotröta, dess förekomst och utbredning. Uppsatser Statens skogsforskningsinstitut. 19 sidor.

Rennerfelt, E. 1952. Om angrepp av rotröta på tall. On root-rot attack on Scots pine. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut. 40 sidor.

Sjöberg, H. 1994. Rotröta i Sverige – förekomst, problembild, hantering. Examensarbete i Virkeslära. Nr 36. 100 sidor. Inst. för Virkeslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.

Stenlid, Jan. 1989a. Rotröta – ett mångsidigt gissel. Jordstjärnan, medlemsskrift för Sveriges mykologiska förening.

Stenlid, Jan 1989b. Rotrötans spridningsvägar. Skogsfakta, Biologi och skogsskötsel, nr 61.

Stenlid, J. Swedjemark, G. Vollbrecht, G. 1995. Rotröta drabbar inte bara gran. Fakta skog, nr 12.

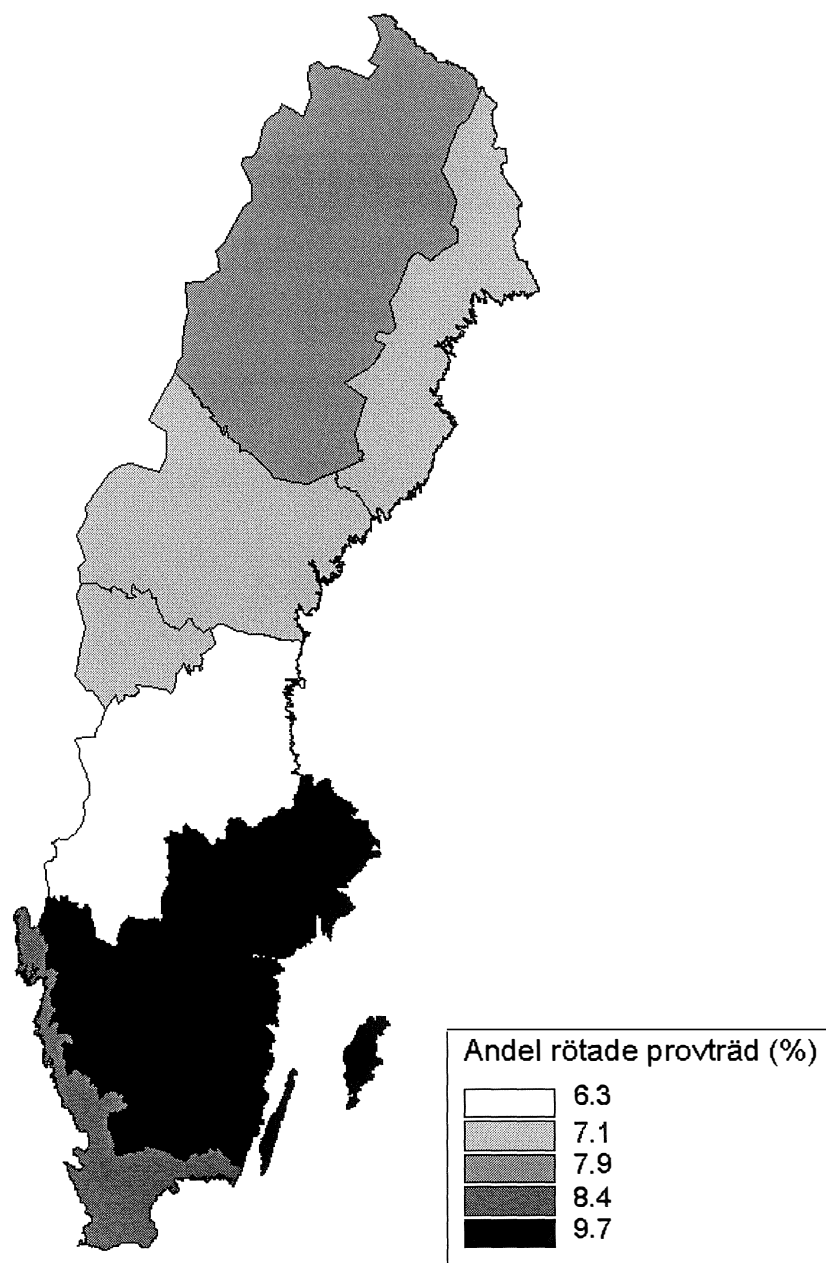
Stenlid, J. Wästerlund, I. 1986. Estimating the frequency of stem rot in *Picea abies* using an increment borer. Scandinavian Journal of Forest Research. 1986 v. 1 (3). s. 303 – 308.

Thörnquist, T. 1990. Trä och kvalitet. Statens råd för byggnadsforskning, Sthlm, Rapport 77, 88 sidor.

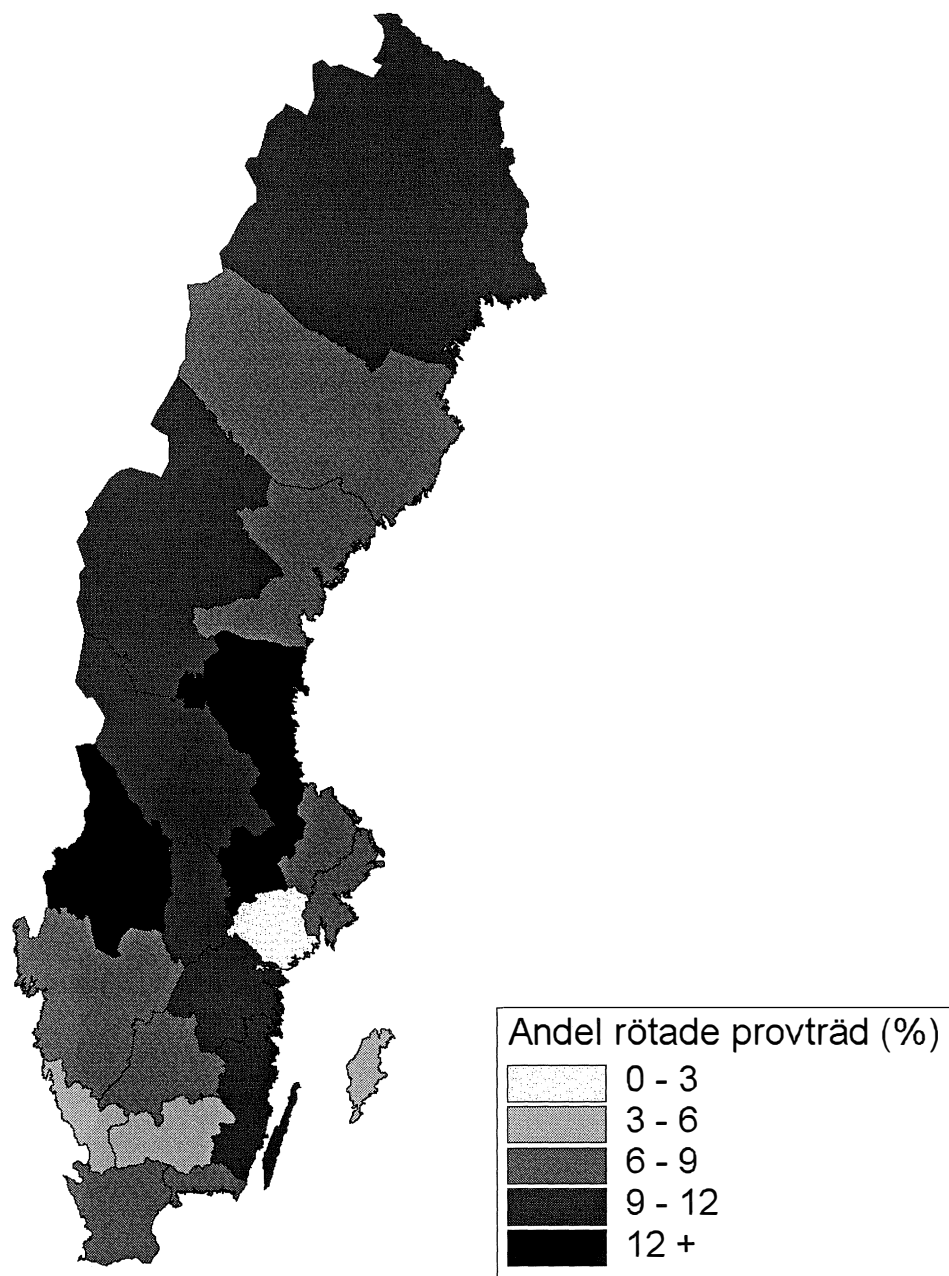
Bilagor

Bilaga 1 Rotrötans geografiska variation för gran – regionnivå.....	64
Bilaga 2 Rotrötans geografiska variation för gran – länsnivå.....	65
Bilaga 3 Rotrötans geografiska variation för tall – regionnivå.....	66
Bilaga 4 Rotrötans geografiska variation för tall – länsnivå.....	67
Bilaga 5 Rotrötans geografiska variation för björk – regionnivå.....	68
Bilaga 6 Rotrötans geografiska variation för björk – länsnivå.....	69

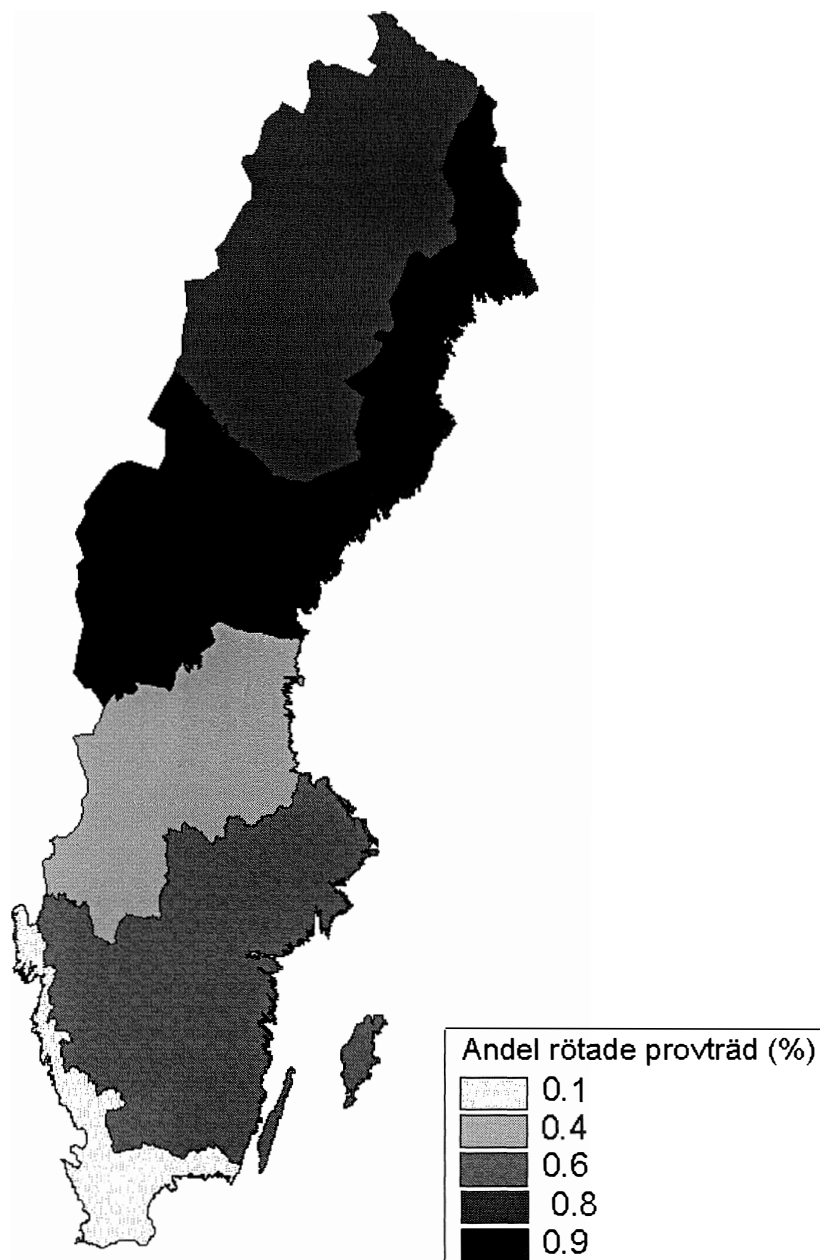
Bilaga 1 Rotrötans geografiska variation för gran – regionnivå



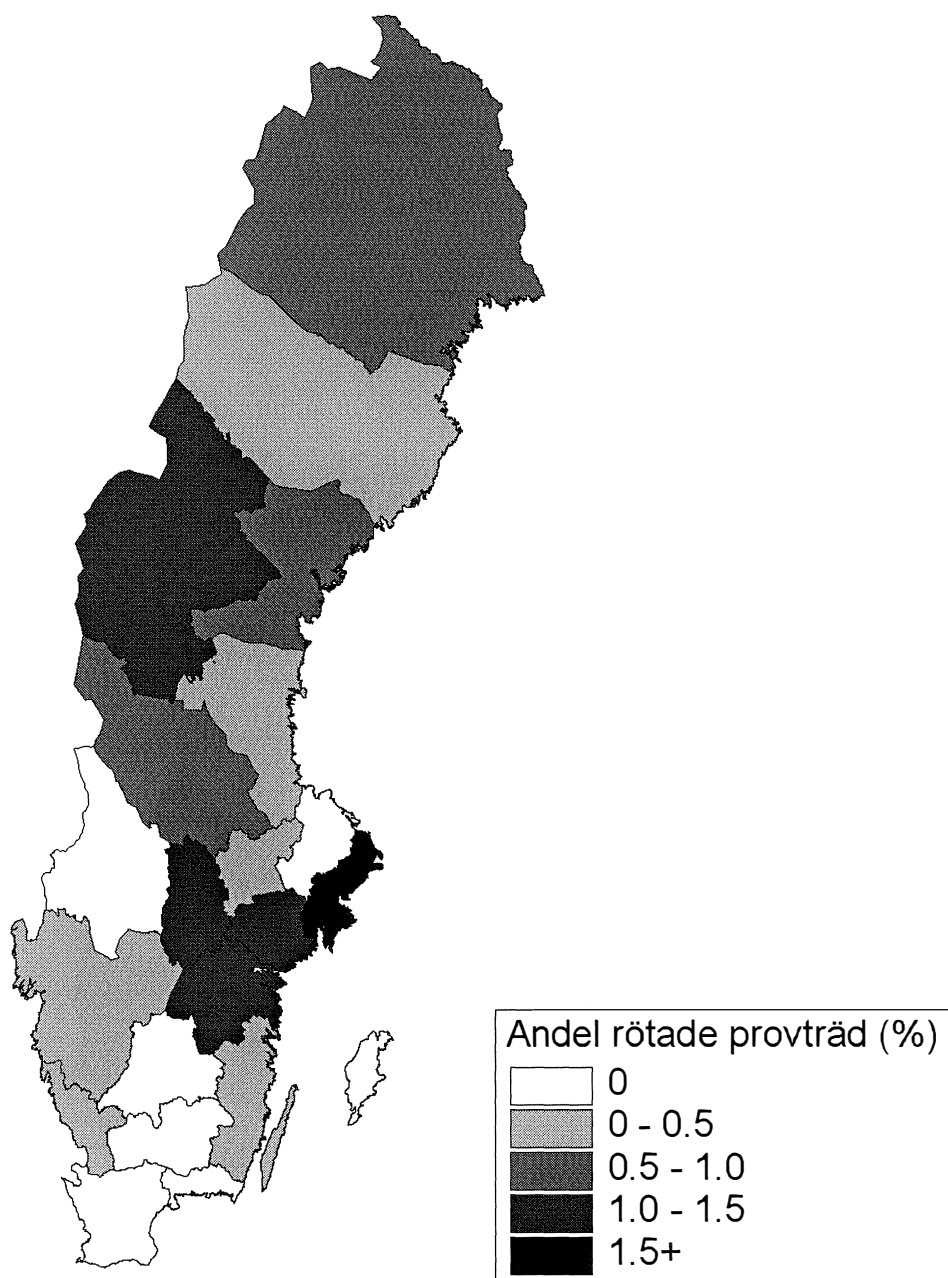
Bilaga 2 Rotrötans geografiska variation för gran – länsnivå



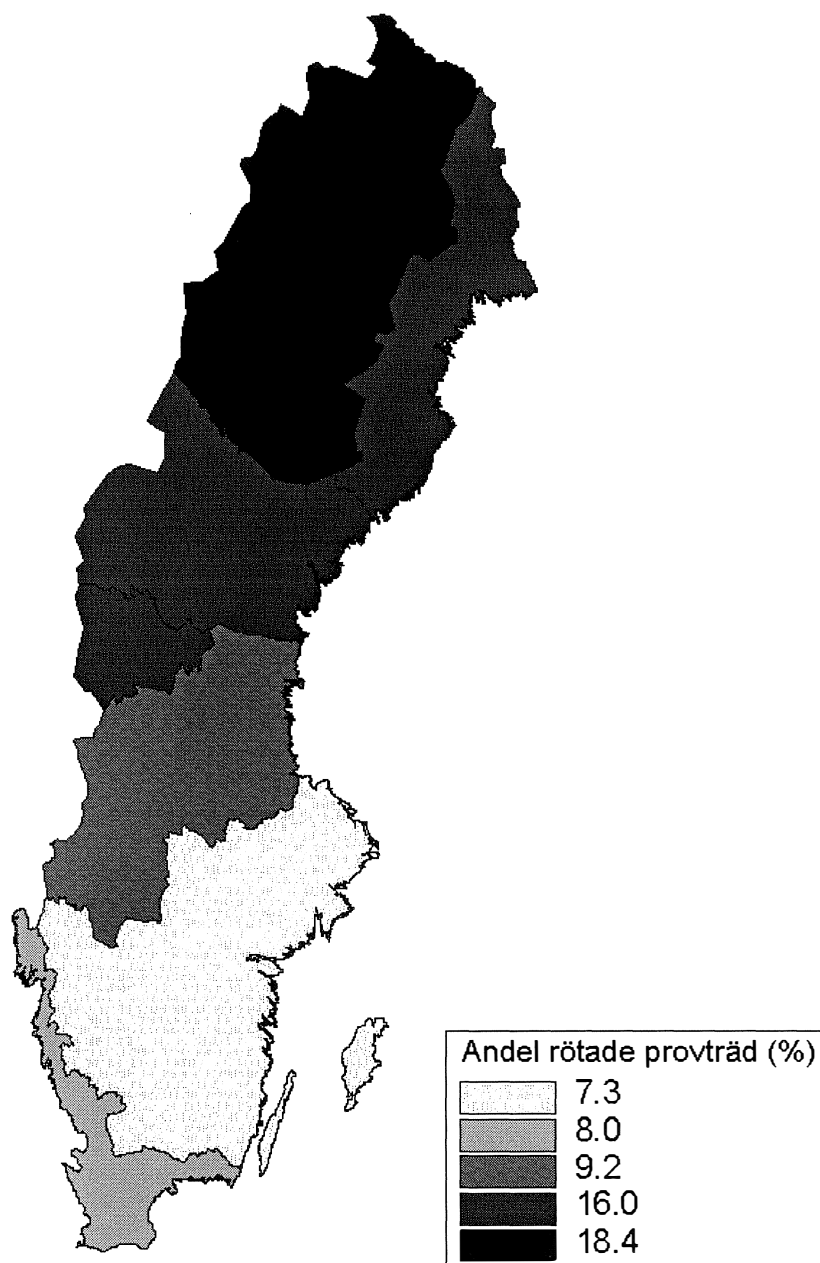
Bilaga 3 Rotrötans geografiska variation för tall – regionnivå



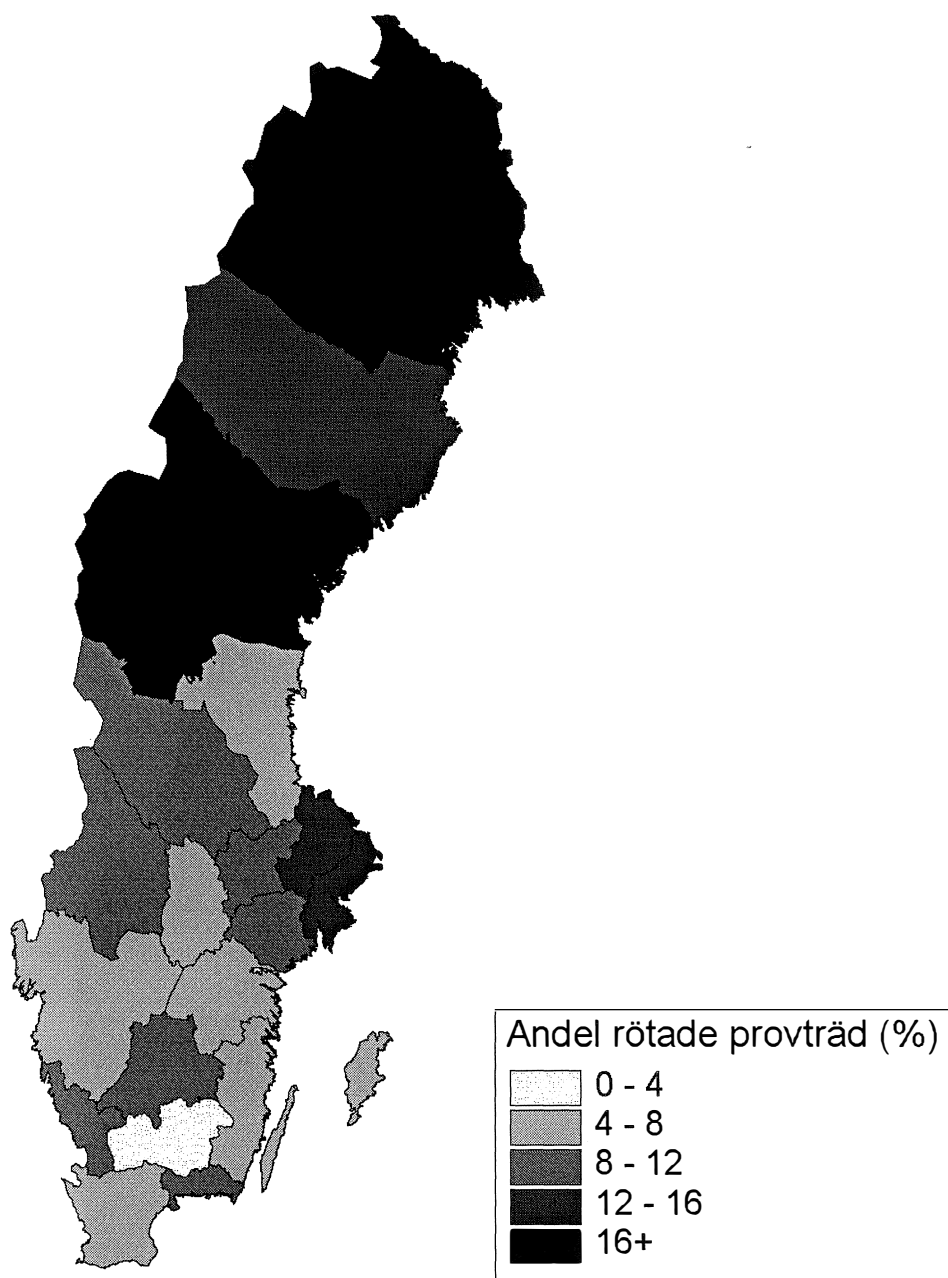
Bilaga 4 Rotrötans geografiska variation för tall – länsnivå



Bilaga 5 Rotrötans geografiska variation för björk – regionnivå



Bilaga 6 Rotrötans geografiska variation för björk – länsnivå



Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

Riksskogstaxeringen:

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 1997 23 Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24 Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998 30 Fridman, J. & Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34 Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37 Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38 Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999 50 Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG--AR--50--SE.
- 52 Riksskogstaxeringen inför 2000-talet. - Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. Redaktörer: Jonas Fridman & Göran Ståhl. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE.
- 54 Fridman, J. m.fl. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE.
- 56 Nilsson, P. & Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender. ISRN SLU-SRG-AR--56--SE.
- 57 Nilsson, P. & Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning. ISRN SLU-SRG-AR--57--SE.

- 1999 61 Broman, N & Christoffersson, J. Mätfel i provträdsvariabler och dess inverkan på precision och noggrannhet i volymskattningar. ISRN SLU-SRG-AR--61--SE.
- 2000 65 Hallsby, G m.fl. Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser. ISRN SLU-SRG-AR--65--SE.

Planering och inventering:

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 1997 18 Christoffersson, P. & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRGL-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings-simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE.
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE.
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE.
- 63 Fridman, J., Löfstrand, R. & Roos, S. Stickprovsvis landskapsövervakning - En förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--63--SE.
- 2000 68 Nyström, K. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--68--SE.
- 70 Walheim, M. & Löfgren, P. Metodutveckling för vegetationsövervakning i fjällen. ISRN SLU-SRG-AR--70--SE.
- 73 Holm, S. & Lundström, A. Åtgärdsprioriteter. ISRN SLU-SRG-AR--73--SE.

Biometri:

- 1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SEG-AR--22--SE.
- 1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution.
ISRN SLU-SRG-AR--64--SE

Fjärranalys:

- 1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 29 Hagner, O. Textur till flygbilder för skattning av beståndsegenskaper.
ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.
- 1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot - Level Stem Volume Estimation and Tree Species Discrimination with Casi Remote Sensing.
ISRN SLU-SRG-AR--51--SE.
- 53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE.
- 2000 66 Löfstrand, R., Reese, H. & Olsson, H. Remote Sensing aided Monitoring of Non-Timber Forest Resources - A literature survey. ISRN SLU-SRG-AR--66--SE.
- 69 Tingelöf, U & Nilsson, M. Kartering av hyggeskanter i pankromaötiska SPOT-bilder.
ISRN SLU-SRG-AR--69--SE.

Kompendier och undervisningsmaterial:

- 1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri.
ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate.
ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.

- 1999 58 Holm, S. samt studenter vid Sveriges lantbruksuniversitet i samband med kurs i strategisk och taktisk skoglig planering år 1998. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverknings beräkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58--SE.

Examensarbeten:

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur* L.) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla föryngringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SLU-SRG-AR--17--SE.

- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädsikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur* L.) Examensarbete. ISRN SLU-SEG-AR--35--SE.
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.
- 46 Gustafsson, K. Långsiktsplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet Fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.
- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonsekvenser med olika miljömål. Examensarbete för Skogsstyrelsen. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE
- 62 Fridh, L. Utbytesprognoser av rotstående skog. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--62--SE.
- 2000 67 Jonsson, T. Differentiell GPS-mätning av punkter i skog. Point-accuracy for differential GPS under a forest canopy. ISRN SLU-SRG-AR--67--SE.

- 71 Lundberg, N. Kalibrering av den multivariata variabeln trädslagsfördelning. Examensarbete i biometri. ISRN SLU-SRG-AR--71--SE.
- 72 Skoog, E. Leveransprecision och ledtid - två nyckeltal för styrning av virkesflödet. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--72--SE.
- 74 Johansson, L. Rotröta i Sverige enligt Riksskogstaxeringen. Examens arbete i ämnet skogsindelning och skogsuppskattning. ISRN SLU-SRG-AR--74--SE.

Internationellt:

- 1998 39 Sandewall, Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.
- 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE.
- 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory (NFI). Master thesis. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE.
- 1999 60 Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning - proceedings from a training workshop in Vietnam and Lao PDR, April 12-30, 1999. Edited by Mats Sandewall ISRN SLU-SRG-AR--60--SE.